UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA,
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, FACULDADE DE EDUCAÇÃO.

KELLEN NUNES SKOLIMOSKI

**COSMOLOGIA NA TEORIA E NA PRÁTICA:
POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES NO ENSINO**

SÃO PAULO

2014

KELLEN NUNES SKOLIMOSKI

COSMOLOGIA NA TEORIA E NA PRÁTICA: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES NO ENSINO

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de mestre em ensino de ciências.

Programa de Pós-Graduação

Interunidades em Ensino de Ciências

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. João Zanetic

SÃO PAULO

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Skolimoski, Kellen Nunes

Cosmologia na prática e na teoria: possibilidades e limitações no ensino. São Paulo, 2014.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. João Zanetic

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Cosmologia (Estudo e ensino); 3. Mapas conceituais; 4. Tema gerador; 5. Aprendizagem significativa

USP/IF/SBI-074/2014

SKOLIMOSKI, Kellen N.

Cosmologia na teoria e na prática: possibilidades e limitações no ensino.

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de mestre em ensino de ciências.

Área de concentração: Ensino de Ciências – Modalidade Física

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. João Zanetic – IFUSP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia – EACH-USP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. Marcelo Porto Allen – IFSP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

A meus queridos pais, que tornaram esse sonho possível; ao meu dedicado esposo, pela admiração, compreensão e apoio nesse longo período; aos meus amados filhos, que me ensinaram as coisas fundamentais da vida e a Deus pela força e sabedoria concedidas.

A evolução do mundo pode ser comparada a uma exibição de fogos de artifício que acabou de chegar ao fim. Algumas poucas fagulhas, cinzas e fumaça. De nossa escória arrefecida, contemplamos o lento apagar dos sóis, e tentamos trazer de volta à memória o desaparecido brilho da origem dos mundos.

George Lemaître

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto da minha paixão pela física e pela docência, entretanto devo gratidão a muitos que me ajudaram e me deram suporte nessa empreitada, que de forma direta ou indireta cultivaram comigo a semente desse sonho, e que nos momentos de seca ou tempestades não me deixaram desanimar sempre me incentivando a continuar minha jornada.

Primeiramente, como não poderia deixar de ser, à Deus por ter permitido e me dado sabedoria para realizar esse trabalho.

Ao meu pai que diretamente tornou esse sonho possível quando me encorajou a concorrer por uma vaga nesse programa de mestrado, no momento em que me sentia incapaz diante da concorrência acirrada, dizendo-me que eu deveria ter *“Cuidado! pois existe um sério risco de passar nesta seleção”*.

À minha mãe pelo amor, carinho e dedicação; por ser a grande responsável pela minha formação pessoal, por ter me impulsionado a sempre seguir em frente e almejar o melhor; por ter acreditado no meu potencial; por ter me ensinado que o conhecimento é uma das coisas fundamentais da vida, e a sabedoria é um dom de Deus.

Ao meu marido e filhos pelo carinho, atenção e paciência nesse longo período, pois não mediram esforços para que eu chegasse nessa etapa da minha vida.

Aos meus professores da graduação Wilson Andrade, Rebecca Vilas Boas, Gisele Watanabe, Luis Augusto Alves, Osvaldo Canato, Maria Candida Varone e Ricardo Recchi, que através de suas experiências em pesquisa em ensino de física puderam apresentar com riqueza alguns pensamentos atuais sobre a educação, além de me mostrar diversas possibilidades de atuar em sala de aula com objetivo de melhorar a qualidade do processo de ensino aprendizagem nas escolas públicas. Que assim, de forma indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos colegas Elcio de Souza Lopes, Jose Ivan Spinardi, Leonardo Crochik, Reginaldo Alves Coutinho, Rodrigo José da Silva, Pedro Zille Teixeira Nasser, Renato Marcon Pugliese, e Ricardo Meloni, que deram contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Marcello Porto Allen, que me apresentou o universo e me tornou apaixonada pela cosmologia; por ter me dado a possibilidade de participar do PIBID – Programa

Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência, durante a minha graduação, que norteou essa pesquisa de mestrado; e, principalmente, por suas críticas que me fizeram crescer.

Ao professor João Zanetic pela orientação, que foi extremamente importante na minha vida acadêmica e fundamental para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço também a CAPES por ter dado subsídios financeiros que possibilitaram uma maior dedicação na realização desse trabalho.

RESUMO

SKOLIMOSKI, Kellen N. *Cosmologia na teoria e na prática: possibilidades e limitações no ensino*. Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2014.

Com esta pesquisa estudamos quais são as possibilidades e as dificuldades de trabalhar a cosmologia nas aulas de física do ensino médio, uma vez que é um assunto com uma profunda riqueza sobre a história e a filosofia da ciência (HFC) e que pode facilitar o entendimento da natureza do conhecimento científico (NdC), o que nos possibilita ensinar ciências de uma forma mais condizente com sua origem e seu desenvolvimento. Por isso, apresentamos neste trabalho, uma série de modelos sobre a origem do universo, partindo desde os mitos de criação de civilizações antigas, passando por alguns dos principais modelos filosóficos e clássicos até chegar aos modelos cosmológicos modernos. Para facilitar a comparação entre esses modelos sintetizamos suas características por meio do mapeamento conceitual. Porém, não é objetivo deste trabalho fazer um estudo histórico do desenvolvimento da cosmologia, mas apresentar alguns modelos que trazem elementos pertinentes de serem levados para uma aula de física. Acreditamos que a cosmologia possa motivar os alunos a se interessarem mais pelo conhecimento científico, já que ela naturalmente desperta a imaginação e a curiosidade dos seres humanos desde a antiguidade. Também entendemos que a cosmologia pode facilitar a inserção da física moderna e contemporânea nas aulas do ensino médio, além de também possibilitar uma relação direta com diversos temas da física clássica, uma vez que alguns desses conteúdos foram desenvolvidos numa tentativa de explicar a evolução do universo. Apesar de acreditarmos na importância de usar a cosmologia para melhorar o conteúdo físico oferecido no ensino médio das escolas do estado de São Paulo, sabemos também que são grandes as dificuldades para sua aplicação, por isso, debruçamos nossa atenção sobre esses problemas numa tentativa de mapeá-los. Com esses objetivos realizamos uma pesquisa empírica de natureza diagnóstica, visando investigar as possibilidades e as dificuldades em trabalhar esse tema no ensino médio, sob o ponto de vista de professores de física que conhecem bem a realidade escolar, das instituições de ensino público estadual. Os resultados apontam uma série de possibilidades na exploração do tema, como: o interesse que a maioria dos alunos tem pelo assunto; o rico contexto histórico e filosófico; a facilidade que o tema oferece para um trabalho interdisciplinar, entre outras. Além disso, os resultados também apontam problemas relacionados à falta de formação adequada; a falta de motivação dos professores em inovar suas aulas, devido a condições desgastantes impostas pela estrutura profissional; a saturação de conteúdos no currículo de física para pouca quantidade de aulas semanais e um possível embate religioso na apresentação de modelos como o *Big Bang*, uma vez que boa parte dos alunos tem origem cristã. Tais possibilidades e dificuldades foram apresentadas na forma de mapas conceituais, com o objetivo final de fornecer subsídios para futuros estudos sobre a inserção da cosmologia no ensino médio.

Palavras Chaves: Cosmologia, ensino de física, mapas conceituais, tema gerador e aprendizagem significativa.

ABSTRACT

SKOLIMOSKI, Kellen N. *Cosmology in theory and practice: possibilities and limitations in teaching*. Institute of Physics, Institute of Chemistry, Institute of Biosciences, Faculty of Education - Inter-unit Program in Science Teaching, University of São Paulo, 2014.

With this research we studied what are the possibilities and difficulties of working the cosmology in physics classes in secondary education, since it is a very rich subject about the history and philosophy of science (HFC) and facilitates understanding the nature of the scientific knowledge (NdC), which enables us to teach science in a more consistent way with its origin and development. Therefore, we present in this work, a series of models about the origins of the universe, from the creation myths of ancient civilizations, passing by some of the main philosophical and classical models to reach the modern cosmological models. However, it is not the aim of this work to make a historical study of the development of cosmology, but present some models that bring relevant elements being taken into account for a physics class. We believe that cosmology can motivate students to become more interested in scientific knowledge, since it naturally arouses the imagination and curiosity of humans since antiquity. We also understand that cosmology can facilitate the insertion of modern and contemporary physics in secondary education classes, and also enable a direct relationship with various themes of classical physics, since some content have been developed in an attempt of explaining the evolution of the universe. Although we believe in the importance of using cosmology to improve the physical content offered in secondary education schools in the state of São Paulo, we also know that there are great difficulties in its application, so we focus our attention on these issues in an attempt to map them. With these objectives we conducted an empirical study of diagnostic nature, aiming to investigate the possibilities and difficulties in working this issue in the secondary education, from the point of view of physics teachers who know the school reality of the State public education institutions. The results suggest a number of possibilities in exploration of the theme, such as: the interest which the majority of students have on such subject, the rich historical and philosophical context, how easy the theme is in order to offer an interdisciplinary work, among others. Moreover, the results also point to problems related to lack of adequate education; the lack of motivation of the teachers to innovate their classes due to stressful conditions imposed by the professional structure; saturation of content in the curriculum of physics having just a few weekly classes to teach it and a possible religious confrontation in presenting models like the *Big Bang*, once a great part of the students have a Christian origin. With the results found we made a mapping of such possibilities and difficulties, which were presented in the form of conceptual maps, with the ultimate goal of providing insights for future studies on the insertion of cosmology in the secondary education.

Key words: cosmology, physics education, concept maps, theme generator and meaningful learning.

SUMÁRIO

PARTE I – ENSINO DE COSMOLOGIA NA TEORIA: Tópicos de cosmologia para o ensino médio, desde os mitos primitivos aos modelos científicos.

CAPÍTULO 1 – Introdução	17
CAPÍTULO 2 – Objetivos e Metodologia	21
2.1. Objetivos da pesquisa	21
2.2. Metodologia da pesquisa	23
CAPÍTULO 3 – Referenciais Teóricos.....	26
3.1. Paulo Freire e a cosmologia como tema gerador.....	26
3.2. David Ausubel: a cosmologia e a aprendizagem significativa	32
3.2.1. Mapeamento conceitual.....	36
CAPÍTULO 4 – A origem e evolução do universo e a construção do conhecimento científico.....	41
4.1. Mitos cosmogônicos e a importância para as sociedades antigas	41
4.1.1. Cosmogonia Maia	48
4.1.2. Cosmogonia Babilônica	54
4.1.3. Cosmogonia Egípcia	59
4.1.4. Cosmogonia Hindu.....	61
4.1.5. Cosmogonia Chinesa.....	65
4.1.6. Cosmogonia Grega.....	68
4.1.7. Semelhanças entre os mitos.....	72
4.2. A astronomia clássica e modelos cosmológicos filosóficos	75
4.2.1. Pensamento mítico X Pensamento filosófico	75
4.2.2. Os primeiros filósofos	76
4.2.3. Cosmologia Aristotélica-Ptolomaica.....	77
4.2.4. Cosmologia Heliocêntrica	81
4.2.5. Modelo cosmológico de René Descartes	85
4.2.6. Modelo cosmológico de Immanuel Kant	89
4.2.7. Semelhanças entre os modelos filosóficos de Descartes e Kant	93
4.3. Modelos cosmológicos modernos	94
4.3.1. Teoria da relatividade geral de Einstein e a semente do <i>Big Bang</i>	95
4.3.3. O modelo do padrão: o <i>Big Bang</i>	112
4.3.4. O modelo do Estado Estacionário	116
4.3.5. Evidência a favor do <i>Big Bang</i>	122
4.3.6. A teoria da inflação	132
4.3.7. A modelo do Estado Quase Estacionário	139
4.3.8. Semelhanças e peculiaridades entre os modelos MCP e o Estado Quase-Estacionário	143

PARTE II – ENSINO DE COSMOLOGIA NA PRÁTICA: Sua importância para o ensino de física e suas limitações sob o ponto de vista de professores da rede estadual..

CAPÍTULO 1 – Construção e aplicação de um questionário.....	147
1.1. Elaborando as perguntas	147
1.2. Aplicando o questionário	149
1.3. Resultado e análise dos dados obtidos com o questionário	150
CAPÍTULO 2 – Entrevistas.....	159
2.1. Seleção dos entrevistados	159
2.2. Realização das entrevistas	166
2.3. Análise das entrevistas.....	167
2.3.1. Análise das entrevistas por meio de mapas conceituais	170
2.4. A Cosmologia e as possibilidades nas aulas de física.....	181
CONCLUSÃO.....	199
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	203
APÊNDICE A.....	212
APÊNDICE B.....	216
APÊNDICE C	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: MC características de um mapa conceitual.....	40
Figura 2: MC do mito de criação maia	52
Figura 3: Yakché, a árvore mundo dos maias	53
Figura 4: Tiamat e Marduk	55
Figura 5: MC do mito de criação babilônio.....	57
Figura 6: Representação do universo babilônico.....	58
Figura 7: MC do mito de criação egípcio	60
Figura 8: Representação do mundo egípcio	61
Figura 9: Brahma, Vishnu, Shiva, deuses da criação hindu	63
Figura 10: MC do mito de criação hindu.....	64
Figura 11: Representação do universo hindu.....	65
Figura 12: MC do mito de criação chinês	67
Figura 13: <i>Pan ku</i> envolto por <i>Yin</i> e <i>Yang</i> no ovo cósmico	68
Figura 14: a) Prometeu observando Atena dar alma ao homem. b) Prometeu rouba a chama de Zeus	69
Figura 15: MC do mito de criação grego.....	71
Figura 16: Representação do mundo grego	72
Figura 17: Relações entre os mitos e seus elementos semelhantes	73
Figura 18: Representação do universo aristotélico.....	78
Figura 19: Representação do movimento de um planeta no modelo ptolomaico.....	80
Figura 20: O movimento em forma de laçada explicado pelo modelo dos epiciclos.....	80
Figura 21: Modelo do fogo central	81

Figura 22: A ordem dos planetas e seus períodos orbitais	84
Figura 23: Turbilhões de René Descartes	86
Figura 24: MC da origem do universo segundo René Descartes	87
Figura 25: MC da origem do universo segundo Immanuel Kant	92
Figura 26: Elementos semelhantes entre o modelo de Descartes e Kant	93
Figura 27: O espaço segundo Einstein	96
Figura 28: Relação entre a constante cosmológica, o raio e a densidade do universo	98
Figura 29: Modelos de universo segundo Friedmann	99
Figura 30: Efeito Doppler sonoro	102
Figura 31: Efeito Doppler luminoso	102
Figura 32: Representação artística e Newton estudando espectros	103
Figura 33: Espectro contínuo fotografado por alunos	103
Figura 34:- Espectros de emissão, fotografados por alunos do ensino médio.....	104
Figura 35: Espectroscópio, construído pelos alunos e uma lâmpada de Na.....	104
Figura 36: Alunos observando o espectro da lâmpada da sala	104
Figura 37: Espectro de absorção.....	105
Figura 38: Desvio para o vermelho	107
Figura 39: Um dos primeiros gráficos de Hubble	107
Figura 40: Lei de Hubble, gráfico atual.....	108
Figura 41: Idade do universo	Erro! Indicador não definido.
Figura 42: MC do modelo do <i>Big Bang</i>	115
Figura 43: Representação da expansão do universo no modelo do <i>Big Bang</i> e do Estado Estacionário	117
Figura 44: MC do Modelo Estacionário	121
Figura 45: Espectro da RCF	125
Figura 46: Possíveis geometrias para o espaço	126
Figura 47: A evolução de um ω nos primeiros 30 segundo	127
Figura 48: A relação entre velocidade e magnitude das galáxias e a geometria do espaço....	128
Figura 49: Resultado de experimentos que indicam o valor de ω	129
Figura 50: Curva de rotação de um corpo rígido e um flexível.....	131
Figura 51: Curva de rotação galáctica	131
Figura 52: Componentes do universo, características, candidatas e exemplos.	132
Figura 53: Raio do universo observável e o alcance da luz.....	134
Figura 54: Separação das forças fundamentais.....	136
Figura 55: A planura do universo	136
Figura 56: A anisotropia da RCF.....	137
Figura 57: MC do modelo do universo inflacionário	138
Figura 58: MC do modelo do Estado Quase-Estacionário	142
Figura 59: Elementos semelhantes e peculiaridades do MPC e do Estado-Quase Estacionário.	144
Figura 60: Números de repostas diárias ao questionário	150
Figura 61: Faixa etária.....	151
Figura 62: Regiões dos participantes.....	151
Figura 63: Formação dos participantes.....	152
Figura 64: Tipo de instituição formadora dos participantes	153
Figura 65: Tipo de escola que o participante está lecionando	154
Figura 66: Interesse dos participantes por cosmologia.....	156
Figura 67: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil A.....	172
Figura 68: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil B.....	174

Figura 69: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil C.....	176
Figura 70: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil D	178
Figura 71: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil E.....	180
Figura 72: As possibilidades que a cosmologia oferece nas aulas de física segundo os entrevistados	188
Figura 73: As dificuldades em trabalhar com cosmologia no ensino médio segundo os entrevistados	198

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Regras Marcuschi	25
Tabela 3: Previsão da temperatura do universo de acordo com diferentes modelos	123
Tabela 4: Valores atuais para ω	130
Tabela 5: Faixa etária.....	151
Tabela 6: Regiões dos participantes.....	151
Tabela 7: Formação dos participantes	152
Tabela 8: Motivação pela escolha da profissão entre os participantes	153
Tabela 9: Relação da escolha da profissão com a experiência pessoal como aluno do ensino médio	155
Tabela 10: Realização disciplinas relacionadas	156
Tabela 11: Importância dada ao ensino de cosmologia	157
Tabela 12: Categoria das atividades relacionadas a cosmologia	158
Tabela 13: Participantes da pesquisa	160
Tabela 14: Participantes pré-selecionados para a entrevista.....	160
Tabela 15: Perfil dos participantes pré-selecionados.....	161
Tabela 16: Nota da atividade realizada pelo participante	162
Tabela 17: Professores selecionados para a entrevista	165

PARTE I

ENSINO DE COSMOLOGIA NA TEORIA:

**TÓPICOS DE COSMOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO, DESDE OS MITOS PRIMITIVOS
AOS MODELOS CIENTÍFICOS MODERNOS.**

CAPÍTULO 1 – Introdução

A Cosmologia, que é o estudo científico da origem, estrutura e evolução do universo como um todo, é um assunto que desperta a curiosidade nos seres humanos desde os primórdios (Martins, 2012) e, de certa forma, perpassa todo o empreendimento científico, considerado como uma tentativa de desvelar os segredos do universo. Esse é um dos motivos que nos levou a escolher esse tema de investigação, uma vez que entendemos que a cosmologia pode oferecer mais uma maneira de conduzir os alunos a se interessar pelo mundo da ciência e melhorar o processo de ensino/aprendizagem.

Não é novidade que o ensino de ciências vem passando por uma crise (Fourez, 2003), apesar disso, nosso trabalho não tem a pretensão de apresentar uma solução, mas sim mostrar uma possibilidade de tornar o ensino de física mais atraente e mais interessante aos olhos dos alunos, uma vez que acreditamos que a cosmologia, além de despertar o interesse nas pessoas, pode ser usada sob uma abordagem que possibilite, de forma simplificada, uma conexão imediata com diversos tópicos da física clássica. A cosmologia se conecta também com a física moderna e contemporânea, temática que tradicionalmente é deixada de lado pelos professores (Menezes, 2005, pg. 5), sob a alegação de alto grau de dificuldade (para si) ou complexidade (para o aluno), ou mesmo a falta de tempo.

Milhões de professores são incapazes de explicar para seus alunos a notícia, em jornais diários, de que se supõe que haja buracos negros no centro de certas galáxias. (Menezes, 2005, pg. 5)

Para tornar esse ensino mais atraente acreditamos que precisamos mudar o atual cenário onde o conteúdo de física trabalhado na escola é muitas vezes esvaziado de significados, já que geralmente é tratado de maneira fragmentada e superficial, dificultando assim a aprendizagem e o interesse dos alunos. Tal física não possibilita aos educandos enxergarem uma correlação dos fenômenos e dos modelos teóricos com suas vidas, de forma que eles acabam por dar pouca atenção a esses assuntos. Assim, concordamos com Zanetic quando afirma que:

A um cidadão contemporâneo é ensinado que a física é esotérica, que nada tem a ver com a vida atual e que não faz parte da cultura. Com algumas exceções [...], no geral a física é mal ensinada nas escolas. O ensino de física dominante se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares. (Zanetic, 2005, p. 21)

Por esse motivo, procuramos uma maneira de tornar o ensino de física mais interessante e relacionado com a vida contemporânea, para que assim a ciência possa estimular a criatividade e a autonomia dos alunos.

Outro grande motivo para termos escolhido esse tema foi o fato de ele mostrar grande potencialidade de ser compreendido como um tema gerador, pensando na concepção de Paulo Freire sobre investigação temática, uma vez que no universo vocabular dos alunos a [...] *astronomia mostra-se com grande potencialidade, pois não faltam palavras e temas que despertam a curiosidade e mexem com o imaginário das pessoas em geral, especialmente jovens e crianças.* (Schivani, 2010, pg. 126). Além disso, Paulo Freire defende a importância de usarmos a curiosidade das pessoas para promover o aprendizado (Freire, 1996), curiosidade essa que, apesar de inicialmente ingênua, ou seja, desprovida de uma análise crítica e mais voltada ao senso comum, pode transformar-se numa curiosidade epistemológica, que gera uma busca pelo conhecimento, como também defende Paulo Freire:

[...] a curiosidade ingênua, sem deixar de ser curiosidade, pelo contrário, continua a ser curiosidade, se critica. Ao criticizar-se, tornando-se então, [...], curiosidade epistemológica, metodicamente “rigorizando-se” na sua aproximação ao objeto, conota seus achados de maior exatidão. (Freire, 1996, pg. 17)

Além disso, também encontramos concepções psicológicas que concordam com o objetivo desta pesquisa como, por exemplo, a teoria de David Ausubel sobre a aprendizagem significativa, baseada no conhecimento prévio dos alunos para construir um novo conhecimento, o que pode ser facilitado pela cosmologia uma vez que se trata de um tema amplamente divulgado pelos meios de comunicação, e assim, é possível que tópicos desse assunto já façam parte do conhecimento prévio de muitos alunos¹.

Além dos motivos delineados acima, esse tema favorece o uso de episódios históricos tão fascinantes (Kuhn, 2002) que podem possibilitar que conteúdos relacionados com a natureza da ciência (NdC) e com a história e filosofia da ciência (HFC) possam chegar às salas de aula de ensino médio, uma vez que a importância deles tem sido frequentemente apontada na literatura especializada da área (Martins, 2007, pg. 112).

¹ Em contrapartida, quando o conhecimento prévio do aluno está enraizado, os professores podem encontrar dificuldades em articular o novo conhecimento com esse aluno. Pode existir um conflito entre as visões de mundo e as concepções científicas. Diante disso, o professor não deve forçar os alunos a deixarem de lado suas concepções, mas apresentar um novo mundo de possibilidades.

Entretanto, muitas são as dificuldades para trabalhar NdC e HFC no ensino médio, e geralmente quando episódios históricos da ciência são levados para a sala de aula são feitos de maneira que não possibilitam aos alunos refletir sobre questões epistemológicas. No geral, os professores apenas apresentam dados históricos pertinentes ao conteúdo estudado sem que exista uma discussão mais profunda e interessante (Martins, 2007). Desta forma, os alunos continuam na inércia de aceitar o que os professores falam sem questionamento, o que é rotineiro nas salas de aula.

Outro importante fator é que a cosmologia, associada a uma ação pedagógica eficiente, pode ter um papel especial na desmistificação da ciência, uma vez que ela oferece um rico contexto histórico que deixa mais claro como a ciência é construída. E isso pode se tornar uma ferramenta facilitadora na percepção dos alunos com relação a como ocorre o desenvolvimento científico, já que na maioria das vezes os alunos são influenciados a construir uma ideia errônea sobre tal desenvolvimento, acreditando que a ciência é construída por cientistas que, por terem uma inteligência extraordinária, facilmente descobrem leis para descrever a natureza, quando na verdade *o saber científico é sempre tentativo, em aperfeiçoamento contínuo* (Smoot, 1995, pg.12). Por isso, o uso da história e da filosofia da ciência (HFC) vem sendo defendido por diversos pesquisadores da área (cf. Zanetic 1989, Matthews 1994, Silva 2006, entre outros).

Apesar da grande importância da cosmologia para o desenvolvimento científico e da relevância da HFC e da NdC para o ensino de física, essas temáticas são praticamente ignoradas no ensino médio. Muitas vezes o mesmo ocorre nos cursos de licenciatura em física, que geralmente oferecem essas disciplinas como optativas (Bretones 1999; Langhi 2009; Leite 2006). Isso acaba gerando uma falta de preparo dos professores em trabalhar esses temas, além das diversas dificuldades encontradas em levar a história e a filosofia da ciência para o ensino médio (Martins, 2007).

Pelos motivos citados acima acreditamos que usar a cosmologia nas aulas possa melhorar a qualidade do ensino, mas para isso não basta fazer apenas relações simples e frágeis dos conteúdos do currículo de física com tópicos da cosmologia, mas sim explorar toda a beleza que essa ciência nos proporciona para enriquecer as aulas de física.

Por isso, neste trabalho exploramos diversos aspectos da cosmologia, como os modelos cosmogônicos povoados de figuras míticas, elaborados por sociedades antigas; os

modelos cosmológicos clássicos que já possuíam um caráter científico como o modelo de Ptolomeu e o Copernicano e a cosmologia moderna totalmente racionalizada pela ciência apesar de seus pontos ainda complexos e polêmicos, e as vezes um tanto quanto mítico, como: buraco negro, matéria escura e etc.

Apesar das razões delineadas acima, escolhemos esse tema porque traz três justificativas fundamentais:

- Minha paixão pessoal pelo tema; como meu interesse pela ciência surgiu assim que tive meu primeiro contato com a cosmologia, acredito que possibilitar aos jovens alunos do ensino médio uma oportunidade de conhecer a cosmologia pode, quem sabe, fazer com que eles cultivem, assim como eu, uma paixão pela ciência.
- A atração natural que jovens, adultos e crianças têm pelo assunto (Martins, 2012);
- Facilita a inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio (Rechi, 2010);

Desta forma, como dito anteriormente, acreditamos que esse tema possa ser usado como fator motivador de ensino e aprendizagem, como uma forte ferramenta para ensinar fenômenos físicos tanto da física clássica como da moderna e como possuidor de um contexto histórico relevante para os dias atuais.

Mas apesar disso, mesmo a cosmologia tendo sua importância estabelecida pela ciência, já que contribuiu grandemente com o seu desenvolvimento, ela pouco é usada no ensino de ciência, uma vez que existem várias dificuldades que permeiam a introdução desse conteúdo no ensino médio. Possivelmente a principal seja a falta de formação adequada dos professores para lidar com o assunto, uma vez que temos consciência de que se trata de um tema controverso e que gera equívocos em muitas pessoas, já que mesmo se tratando de um tema rico e importante no meio científico, não é tão bem compreendido quanto deveria ser (Lineweaver e Davis 2005).

Apresentamos no capítulo quatro uma série de mitos de criação de civilizações antigas, que com muita beleza e riqueza em detalhes tentavam dar sentido ao universo que os cercava. Porém, apesar de não ter uma relação direta com os conteúdos propostos no currículo de física do ensino médio, os mitos podem ser o ponto de partida para discussões a respeito da origem do universo, e do desenvolvimento da ciência e da cosmologia. Uma vez que não é totalmente

impossível um paralelo entre o pensamento mítico e o científico, principalmente quando abordamos os modelos cosmológicos modernos, muitas vezes obscuros e até mesmo míticos, onde a origem inexplicável do universo permite um paralelo com a visão cristã da criação.

Cientistas e teólogos buscaram conexões entre a ciência fundamental do *big bang*, como descrita pela teoria vigente, e a história cristã da criação. Não há dúvida de que existe um paralelo entre o *big bang* como evento e a noção cristã de criação a partir do nada. (Smoot, 1995, pg. 28)

Ainda segundo George Smoot, prêmio Nobel em física por uma importante descoberta cosmológica, *a sociedade tem fome tanto de ciência como de mitologia, e é na teoria do big bang que essas duas dimensões se misturam mais intimamente* (Smoot, 1995, pg. 28). Desta forma, o pensamento mítico, visto por muitos como menos importante que o pensamento científico, teve e ainda tem importância tanto para o homem como para o desenvolvimento da ciência.

Por isso, a exploração da cosmologia nas aulas de física pode ter um significado maior quando envolvido com o pensamento mítico e filosófico, uma vez que com a história da criação do universo, nós tentamos abrir a porta para a transcendência, que de certa forma dá sentido a nossa existência (Campbell, 1997). Por isso, tentamos por meio da contextualização do ensino de cosmologia com mitos e pensamentos filosóficos, tornar o ensino de física mais humano, lembrando que originalmente buscamos entender o mundo que nos cerca e reforçando que a ciência é uma construção humana, apesar de muitas vezes aparecer de forma gélida e descaracterizada nas aulas do ensino médio.

CAPÍTULO 2 – Objetivos e Metodologia

2.1. Objetivos da pesquisa

Nesta pesquisa pretendemos entender melhor como o fato de problematizar a cosmologia em sala de aula pode contribuir para o ensino de física, e ainda mais, facilitar a introdução da física moderna e contemporânea, já que ela traz um fascínio natural a todos nós, mas é claro, sem deixar de lado a física clássica, que quando bem trabalhada em sala de aula pode propiciar discussões tão interessantes e belas quanto às da física moderna.

Em um primeiro momento nosso objetivo será reunir os principais modelos cosmológicos desde os mitos antigos, até os modelos clássicos e modernos. Para que isso não se torne apenas uma simples apresentação de modelos históricos, faremos uma abordagem diferenciada focando nossa análise, por exemplo, nas curiosas semelhanças entre os mitos de criação de diferentes civilizações; nas semelhanças entre um modelo puramente filosófico e outro com alguns elementos científicos; e por fim as semelhanças e peculiaridades de modelos modernos sobre a história do universo, para uma reflexão voltada sobre a escolha de um modelo em detrimento do outro.

Outro objetivo é perceber qual a posição dos professores de física diante da inserção da cosmologia em suas aulas, expondo qual a importância que eles dão para a inclusão desse tema e quais as dificuldades que poderão encontrar nesse desafio. Por meio desses dados construímos um mapa para diagnosticar essas dificuldades, e assim fornecer subsídios a uma reflexão futura voltada a superá-las, que assim venha a contribuir para a inserção desse tema no ensino de física. Assim, sintetizando os objetivos, temos:

- i. Apresentar os principais modelos cosmológicos², desde os mitos primitivos até os modelos modernos.
- ii. Diagnosticar qual a importância e as dificuldades apontadas por professores de física do ensino médio, em trabalhar a cosmologia em suas aulas.
- iii. Apresentar um mapa conceitual que responda à seguinte pergunta focal “Por que a maioria dos professores de física não trabalha cosmologia em suas aulas?”, pois essa é uma forma interessante de mostrar essas dificuldades, uma vez que podemos fazer várias relações entre elas.

² Apesar de a cosmologia ser uma ciência que estuda a origem, a evolução e o futuro do universo, neste trabalho esses três aspectos só são abordados com mais clareza quando tratamos dos modelos científicos, uma vez que nos mitos e modelos mais antigos nos restringimos a tratar apenas a história da origem, para não tornar essa pesquisa muito extensa.

2.2. Metodologia da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida usando dois tipos de metodologias. Em um primeiro momento realizamos uma pesquisa teórica sobre os mitos e os aspectos histórico, epistemológico e físico da cosmologia, para assim constatar e confirmar a riqueza do tema.

A análise dos referenciais teóricos se deu à luz de diversos autores, e para isso se fez necessária uma revisão bibliográfica de livros e trabalhos publicados nos principais periódicos da área de ensino de ciências e física, como: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *The Physics Teacher*, *Review of Particle Physics*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Ciência & Educação*, *Meaningful Learning Review*, os anais dos principais eventos da área, como *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC)*, *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)* e *Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)*. Além de livros e textos sobre a história, a epistemologia, a antropologia e a física da cosmologia.

Já a segunda parte teve um caráter qualitativo, onde realizamos entrevistas em profundidade (Bogdan e Biklen, 2000) com professores licenciados em física. Como já foi dito, nosso objetivo é investigar qual a importância e quais são as dificuldades levantadas por esses professores em trabalhar a cosmologia em suas aulas.

Os sujeitos dessas entrevistas foram selecionados por meio de um questionário (Apêndice A) que visava esclarecer quem é esse professor, qual a sua formação, como são as suas aulas, qual a relação que ele mantém com a cosmologia em suas aulas.

Os professores escolhidos para realizar a entrevista foram aqueles que tinham: licenciatura em física, já que existem muitos professores com outras formações lecionando física; experiência no cotidiano escolar de instituições públicas e com alguma experiência com a cosmologia seja ela na graduação ou em cursos e outros meios informais, uma vez que para um professor apontar a importância e as dificuldades de trabalhar a cosmologia no ensino médio ele precisa conhecer a realidade da sala de aula e ao menos um pouco de cosmologia.

Como essa pesquisa visa atingir a educação pública estadual, já que o ensino médio é fornecido quase majoritariamente pelo Estado e trata-se de uma rede carente em qualidade de ensino, pensamos em propor com esse trabalho uma nova abordagem no ensino de física, que possa ser transformada em uma disciplina motivadora da busca pelo conhecimento científico.

Por isso, os professores entrevistados precisavam necessariamente ter experiência na rede estadual.

Visando atingir o maior número de professores possível, o questionário foi disponibilizado por meio eletrônico e impresso. Entretanto, apenas seis professores foram selecionados para a entrevista, uma vez que realizamos entrevistas qualitativas em profundidade, para obtermos dados ricos, claros e sinceros. Assim acumulamos horas de gravações, visando garantir um alto grau de detalhamento e riqueza dos dados, para que pudéssemos atingir o objetivo dessa entrevista, que é apresentar a importância e as dificuldades que esses professores dão à inserção da cosmologia em suas aulas e montar um mapa conceitual para cada um desses elementos principais.

Seguindo a tradição da pesquisa qualitativa em educação (Bogdan e Biklen 2000), realizamos as entrevistas com os professores, no formato semi-estruturado, já que seguimos um roteiro (Apêndice B) pré-elaborado para que a entrevista não perdesse o foco do objetivo. Entretanto o roteiro usado teve um caráter flexível, que possibilitou ao entrevistador fazer as mudanças que foram convenientes e necessárias em cada entrevista, a fim de atingir o principal objetivo, que é a obtenção de dados descritivos, na linguagem do sujeito investigado, sobre a importância e dificuldades de trabalhar a cosmologia nas salas de ensino médio.

Assim, como esta pesquisa tem um caráter qualitativo, o entrevistador teve que desenvolver intuitivamente uma ideia de como o sujeito investigado realmente interpreta as questões propostas para, assim, interpretar os discursos e colher os dados que interessaram a essa pesquisa.

Todas as entrevistas foram gravadas com um gravador de áudio, entretanto o entrevistado teve sua identidade preservada e autorizou a gravação e publicação dos dados obtidos com a entrevista. Depois de gravadas, as entrevistas foram transcritas (Apêndice C) integralmente, o que se mostrou um trabalho muito árduo, já que foi grande o tempo gasto para transcrever todas as entrevistas. Além disso, como em um primeiro momento as entrevistas foram transcritas integralmente, preservando todas as expressões comuns em uma fala, isso nos fez acumular páginas e páginas de transcrições. Desta forma decidimos fazer uma retextualização usando parcialmente as regras de Marcuschi (Verceze 2005, Santos 2008) apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 1: Regras Marcuschi

Operações	Descrição	Exemplo das modificações feitas nas transcrições
1 ^a	Eliminação das marcas interacionais, hesitações e partes de palavras.	<i>...ah...o...Big Bang originalmente era um ponto.</i> <i>O Big Bang originalmente era um ponto.</i>
2 ^a	Introdução da pontuação com base na intuição fornecida pela prosódia e entoação na fala.	<i>dependendo da turma... da sala da escola...você consegue.</i> <i>Dependendo da turma, da sala da escola, você consegue.</i>
3 ^a	Eliminação de repetições, reduplicações, redundâncias, paráfrases e pronomes egóticos.	<i>Então vai chegar a um ponto que o céu noturno vai ser claro.</i> <i>Chegará a um ponto que o céu noturno vai ser claro.</i>
4 ^a	Introdução da paragrafação e pontuação detalhada sem modificação da ordem dos tópicos discursivos.	(Neste caso decidimos que cada parágrafo corresponderia à resposta de cada pergunta feita pelo entrevistador)
5 ^a	Introdução de marcas metalingüísticas para a referência de ações e verbalização de contextos expressos por dêitico.	-
6 ^a	Reconstrução de estruturas truncadas, concordâncias, reordenação sintática, encadeamentos de orações.	<i>Apesar de a gente ter as teorias a gente não pode observar com telescópios,</i> <i>Apesar de termos teorias, nós não podemos observar com telescópios,</i>
7 ^a	Tratamento estilístico com seleção de novas estruturas sintáticas e novas opções léxicas.	-
8 ^a	Reordenação tópica do texto e reorganização da sequência argumentativa.	-
9 ^a	Agrupamento de argumentos condensando as ideias.	-

Desta forma, usamos cinco das regras de Marcuschi, uma vez que o restante se tornou desnecessário para os objetivos desse trabalho. Assim, as modificações feitas na transcrição tornaram os textos mais claros e objetivos para a obtenção dos dados, que depois de coletados foram organizados em suas devidas dimensões em categorias, o que possibilitou a análise dos resultados e a conclusão desse trabalho.

CAPÍTULO 3 – Referenciais Teóricos

3.1. Paulo Freire e a cosmologia como tema gerador

A crise no ensino de ciências, que impõe dificuldades a serem superadas por alunos, professores e toda comunidade envolvida na realidade escolar, vem sendo cada vez mais evidenciada por pesquisadores da área, que acabam nos mostrando uma realidade onde toda uma sociedade está envolvida, desde os alunos e professores de ciências até os dirigentes da economia, os pais, os cidadãos em geral (Fourez, 2003). Desta forma, certamente não será apenas a ação de um desses indivíduos, o professor, que irá solucionar todos os problemas do ensino de ciências. Apesar disso, é possível que o professor, fazendo uso de algumas ações baseadas em suas reflexões, que segundo Paulo Freire constituem a sua “práxis”, na medida do possível melhore a qualidade da aula que ele particularmente oferece, ou seja, essa práxis pode transformar a sua própria realidade como a de seus alunos, podendo assim transformar o universo educacional, no qual se encontra com seus educandos, em um universo de construção do conhecimento, em um universo de transformações de suas vidas.

A educação de modo geral enfrenta uma crise de raízes muito mais profundas que o ensino de ciências em si, onde se sucedem a violência, a falta de interesse dos alunos pelo conhecimento, a evasão escolar, a falta de estrutura física, a falta de professores e o descaso dos governantes. Apesar disso, pode ainda o professor não se deixar levar por essa atmosfera tão problemática, e superá-la?

Apesar de não caber apenas ao professor mudar a realidade da educação em nosso país, certamente ele pode refletir sobre sua própria ação, para assim transformar o ensino que hoje é fundamentalmente narrador e dissertador (Freire, 1987, pg. 33.), em algo mais significativo para ambos, professor e aluno. Uma vez que, na maioria dos casos, o professor assume o papel de locutor e os alunos de meros ouvintes. Dissemos isso porque existe uma tradição quase unânime no ensino em nosso país de, em todas as disciplinas, tratar os alunos como objetos e o professor como o detentor do conhecimento, e assim esse estende seus saberes até os alunos, que o aceitam passivamente, caracterizando a *educação bancária*, que tanto já foi criticada, mas que de certa forma ainda é dominante no ensino de ciências das escolas de ensino médio.

E mais especificamente no ensino de física, essa realidade talvez seja ainda mais forte, uma vez que quase todos os professores de física agem como o sujeito responsável em dissertar sobre os conteúdos previstos pelo currículo de física, no atual momento os chamados cadernos do aluno (fornecidos pelo governo do estado de São Paulo). Dentro desse contexto, muitas vezes o professor acaba tratando da *realidade como algo parado, estático, compartimentado e bem comportado* (Freire, 1987, pg. 33.), uma realidade ideal, que muitas vezes é necessária para se estudar fenômenos físicos, mas junto com isso, geralmente, vem uma fala completamente alheia, descontextualizada da realidade dos educandos.

A aquisição do conteúdo está relacionada a processos de memorização mecânica a partir de exercícios de fixação, em que, muitas vezes, de forma insustentável, informações desconexas são artificialmente relacionadas a situações de uma realidade considerada “próxima”, que serve de ilustração para o mundo metafísico criado e apresentado como “ideal” pelos livros didáticos e programas de ensino. (Silva, 2004, pg. 19.)

Assim o professor disserta e, apesar de toda indisciplina característica dos adolescentes de nossa época, a grande maioria dos alunos se apropria dos conteúdos narrados pelo professor, decorando-os simplesmente para tirar a nota mínima na prova. E assim os papéis de cada um ficam bem definidos cabendo *ao professor falar aquilo que lhe mandaram e ao aluno ouvir e “deglutir”, sem se manifestar*. (Silva, 2004, pg. 19)

Por trás de toda essa realidade existe um sistema que apoia esse tipo de ensino mecânico, esvaziado de significado, onde o professor bom é aquele que preenche adequadamente os cadernos do aluno, assim, concordamos com Paulo Freire quando diz que:

A narração, de que o educador é sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica dos conteúdos narrados. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão. (Freire, 1983b, pg. 66)

Assim, os educadores são sempre os detentores do conhecimento, e os educandos os que nada sabem. E isso acaba anulando os alunos, minimizando sua criatividade e criticidade, fazendo com que os mesmos nunca se libertem dessa realidade, nunca se tornem independentes para tornarem-se seres críticos sobre a sua realidade, uma vez que esse sistema educacional acaba oprimindo esses indivíduos, tornando-os seres passivos e domesticados

(Freire, 1987, pg. 34). E qualquer professor que tente seguir de modo contrário a esse sistema acaba não sendo incentivado. A esse respeito Silva esclarece que:

Práticas educativas que tentam romper tradições arraigadas, que consideram o conhecimento e a participação consciente e crítica dos alunos e da comunidade no planejamento curricular, bem como a forma de apreensão de tais conhecimentos presentes no espaço cultural da escola, possibilitando um novo pensar e agir no contexto sociocultural em que a escola está inserida, são desqualificadas (Silva, 2004, pg. 31)

Apesar de ser cruel essa realidade, não podemos chamar de cruéis os professores que acabam concretizando essa situação, já que eles também fazem parte da parcela oprimida que, estando nessa situação, nem se dão conta de sua realidade de oprimido, e por isso acabam agindo como seus opressores, o *grande problema está em como poderão os oprimidos participar [...] da pedagogia de sua libertação* (Freire, 1987, pg. 17). Assim, acreditando que estão praticando uma educação libertadora, na verdade não percebem que estão envolvidos pela educação bancária e ao invés de libertar seus alunos estão na verdade alienando-os.

É que, envolvidos pelo clima gerador da concepção “bancária” e sofrendo sua influência, não chegam a perceber o seu significado ou sua força desumanizadora. Paradoxalmente, então usam o mesmo instrumento alienador, num esforço que pretende libertador. (Freire, 1983b, pg. 76)

Superar tal realidade é possível, desde que esses indivíduos se dêem conta dessa realidade que impõe diversas *situações-limites* que, segundo Freire, acabam por inibir a práxis de ambos enquanto se encontram imersos na situação de opressão. Apesar disso, essas *situações-limites* podem servir não só como uma barreira intransponível, mas também como estopim para a práxis libertadora, e assim numa tentativa de superar tais *situações-limites* esses indivíduos podem caminhar para sua emancipação.

O professor pode usar essas dificuldades para melhorar a qualidade de sua aula, saindo de uma ação onde apenas depositava conhecimento em seus alunos, partindo para a práxis onde ele e seus alunos aprendam juntos, uma vez que *ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo*. (Freire, 1987, pg. 39.) Isso acontecendo,

[...] o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa. Ambos, assim, se

tornam sujeitos do processo em que crescem juntos e em que os “argumentos da autoridade” já, não valem. (Freire, 1983, pg. 78)

E o primeiro passo para conseguir superar as *situações-limites* é identificá-las, perceber que se encontra oprimido, para assim poder libertar-se, e fazer com que as *situações-limites*, que antes serviam só para limitar, agora sejam superadas, ou seja, *situações-limites, que não devem ser tomadas como se fossem barreiras insuperáveis [...] além das quais nada existe.* (Freire, 1983, pg. 106)

O começo dessa superação não vem durante a aula, mas da reflexão do professor antes da aula, a busca pelo conteúdo programático *é o que inaugura o diálogo da educação como a prática da liberdade* (Freire, 1987, pg. 50), momento de buscar o universo temático dos alunos ou conjunto de temas geradores.

“Uma unidade epocal se caracteriza pelo conjunto de ideias, de concepções, esperanças, dúvidas, valores, desafios, em interação dialética com seus contrários, buscando plenitude. A representação concreta de muitas destas ideias, destes valores, destas concepções e esperanças, como também os obstáculos ao ser mais dos homens, constituem os temas da época”. (Freire, 1988, pg. 92, citado em Silva, 2004)

Chegamos ao *tema gerador* por meio da experiência existencial combinada com uma *reflexão crítica sobre a relação homens-mundo e homens-homens* (Freire, 1987, pg. 50). O tema gerador precisa ser parte da *unidade epocal*, na qual o sujeito está inserido, para assim poder superar a opressão histórica e a partir do velho construir o novo.

A investigação temática conduz a educação problematizadora, defendida por Freire, que apresenta aos alunos situações vinculadas a suas realidades de forma que possibilite a eles um pensar crítico sobre o mundo que os cerca, uma vez que o tema gerador *existe nos homens, em suas relações com o mundo.* (Freire, 1983b, pg. 116)

É neste sentido que, aproximando-nos da pedagogia freireana, defendemos a cosmologia como uma espécie de tema gerador nas aulas de física, uma vez que ela é parte importante do desenvolvimento histórico da ciência, e permite responder a perguntas fundamentais da humanidade: Quem somos? De onde viemos? Para onde vamos? Sendo assim, esse tema pode possibilitar, de diversas formas, o diálogo entre educador e educandos, na busca pela construção de um conhecimento significativo para ambos, uma vez que todos temos cosmologias, que respondem a essas perguntas fundamentais, sejam elas científicas ou

religiosas, e o diálogo entre essas visões de mundo favorecem uma educação problematizadora.

Apesar de defendermos que a cosmologia pode despertar o interesse dos alunos pelo conhecimento científico, e que ela faça parte do “universo temático” dos mesmos e por isso usá-la como tema gerador, esse deve ser apenas o ponto de partida (Silva, 2004, pg. 162), uma vez que apenas fazer uso desse provável interesse dos alunos para apenas narrar, dissertar sobre a cosmologia estabelecida pela ciência nada tem de educação problematizadora, é só a educação bancária enfeitada.

Temas geradores não são temáticas motivacionais que se limitam a satisfazer curiosidades ingênuas (Freire), recursos didáticos para melhor atrair a atenção dos alunos e, muitas vezes, de forma sub-reptícia, introduzir conteúdos preestabelecidos a partir de critérios que desconsideram a realidade concreta dos alunos [...] É nesse sentido que a escolha dos objetos de estudo para a prática pedagógica ético-crítica vai além dos interesses imediatos dos alunos, de temas da vida diária ou assuntos de interesse, conceitos, descobertas, pesquisas, [...] como também não recai a escolha sobre o que é considerado fundamental à vista apenas dos educadores, como tópicos importantes a serem abordados pelas disciplinas. Ou ainda, que a organização do conteúdo parta de “interesses chamativos que desencadeiem uma investigação” por parte dos alunos ou “responder a problemas ou interesses relevantes” quando se privilegia o enfoque dos educadores sobre a realidade [...]. É fundamental que haja a escolha de um objeto que seja a mediação crítica e tensa entre as duas representações de realidade de educandos e educadores, ou seja, que o ponto de partida signifique uma problemática local, um conflito cultural, uma tensão epistemológica, política e ética, uma contradição socioeconômica entre as concepções de realidade entre os agentes da comunidade escolar. (Silva, 2004 pg. 163, 2004)

Embora a cosmologia, em um primeiro momento, desperte nos alunos uma *curiosidade ingênua* sem profundidade e esvaziada de senso crítico ela não pode ser ignorada, já que a curiosidade é essencial para o aprendizado, e é através desse processo que a *curiosidade ingênua* do aluno pode amadurecer e transformar-se em *curiosidade epistemológica*, ávida por modelos explicativos mais elaborados e racionais. Sendo assim, entendemos que o fato da cosmologia despertar nos seres humanos certo encantamento e curiosidade, mesmo que inicialmente *ingênua*, ela pode ter grande valor no processo de ensino/aprendizagem.

E assim, pensando na educação nos termos da pedagogia da comunicação de Freire, podemos tornar as aulas de física um momento não apenas de trabalhar conteúdos, mas de dialogar com os alunos sobre ciência em sua totalidade, e nesse sentido a cosmologia, que também é sugerida no tema estruturador dos PCN+ *Universo, Terra e Vida* (Brasil, 2002, p.32), pode se tornar uma possível estratégia didática não extensionista. No sentido definido por Freire, uma estratégia didática extensionista é aquela onde o educador apenas estende seus conhecimentos até os educandos, que os recebem passivamente, sem que haja qualquer tipo de comunicação. Uma transferência de saber unilateral. Para Freire:

[...] a expressão “extensão educativa” só tem sentido se se toma a educação como prática da “domesticação”. [...] Ao contrário, educar e educar-se, na prática da liberdade, é tarefa daqueles que sabem que pouco sabem – por isto sabem que sabem algo e podem assim chegar a saber mais – em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem, para que estes, transformando seu pensar que nada sabem em saber que pouco sabem, possam igualmente saber mais. (Freire, 1983, pg. 15)

Sendo assim, é possível perceber no *universo temático* dos alunos diversos temas que podem se transformar em *temas geradores* como, por exemplo: *a relação com o meio ambiente e sua degradação, o uso de tecnologia e a influência dela em sua vida*, entre muitos outros como *a cosmologia e sua relação com o universo*. Todos passíveis de serem temas geradores de conhecimento, por sua vez também podem ser usados, mesmo que ingenuamente de forma passiva, narrativa, dissertativa, uma vez que de fato é muito importante o momento da escolha do tema, mas o mais importante é levá-lo para a sala de aula sob uma perspectiva que considere os pontos de vista de todos os envolvidos no processo de educação, no caso alunos e professores.

Por isso, para tratar a cosmologia como tema gerador não basta estabelecer relações frágeis com a realidade dos alunos, mas é preciso desenvolver junto com eles um processo de investigação temática com o qual seja possível refletir sobre os significados, discutir conflitos e contradições que possam promover um pensar crítico de alunos e professores.

Uma problemática possível é o fato de grande parte dos alunos serem adeptos do criacionismo, já que nosso país é majoritariamente cristão, e de certa forma a maioria mantém uma fé cega (Sproul, 1994) a respeito de sua cosmogonia, uma vez que isso lhe foi imposto como verdade absoluta. Usando a relação opressor-oprimido exposta por Freire, discutida acima, o indivíduo adepto cegamente ao criacionismo, de certa forma se mantém oprimido,

uma vez que não escolheu por uma análise crítica, mas sim porque lhe foi imposto, possivelmente desde criança.

3.2. David Ausubel: a cosmologia e a aprendizagem significativa

David Ausubel (1918-2008) era um médico psiquiatra que se dedicou a estudar o processo pelo qual ocorre a aprendizagem, que segundo ele significa “organização e interação do material na estrutura cognitiva” (Moreira, 1999, pg. 152.), assim ele procura explicar os mecanismos internos que acontecem na mente humana quando ocorre o aprendizado. Após sua aposentadoria quem deu continuidade aos seus estudos foi Joseph Novak, que deu grandes contribuições para esta teoria.

A teoria da aprendizagem significativa é baseada no conhecimento prévio dos alunos, que Ausubel denomina de *subsunçores* (Moreira, 1999). Para Ausubel a estrutura cognitiva trata do conteúdo total e organizado de ideias de uma pessoa, e assim ele define que a aprendizagem é a ampliação de tal estrutura. Segundo ele a aprendizagem pode ser de dois tipos: significativa ou mecânica.

Para Ausubel a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento. (Moreira, 2011, pg. 26)

Quando a aprendizagem é significativa existe uma interação da estrutura de conhecimento existente do indivíduo, os *subsunçores*, com a nova informação. E tal aprendizagem ocorre quando a nova informação se ancora na rede de conhecimento do indivíduo. Entretanto, esse novo conhecimento não apenas amplia a estrutura cognitiva, como uma espécie de agregação de conceitos, mas na verdade provoca uma modificação dos *subsunçores*, que se adéquam ao conhecimento mais elaborado. Ou seja, a aprendizagem é significativa quando uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária com a estrutura cognitiva do indivíduo.

Em física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo, por exemplo, a força e campo eletromagnético [...] os conceitos de campo e força ficariam mais elaborados, mais inclusivos e mais

capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas a força e campo, ou correlatas. (Moreira, 1999, pg. 153.)

Além da aprendizagem significativa, Ausubel apresenta a aprendizagem mecânica que se caracteriza pela falta de relação entre o novo conhecimento e os *subsunçores*, ou seja, a nova informação é armazenada de forma arbitrária, não se liga à rede de conhecimento do indivíduo. Porém, a diferença entre a aprendizagem significativa da mecânica *não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos*. (Moreira, 2011, pg. 26). Ou seja, quando um aluno aprende mecanicamente significa que sua aprendizagem foi mais próxima do extremo da aprendizagem mecânica, não se constituindo uma dicotomia entre as duas formas de aprendizagem.

Podemos encontrar um exemplo claro de aprendizagem mecânica nas aulas de física, quando os alunos decoram equações para resolução de exercícios. Apesar disso, Ausubel aponta que é possível que um conhecimento adquirido mecanicamente se relacione com a estrutura cognitiva e se torne significativo. Desta forma, apesar da aprendizagem significativa ser preferível à mecânica, esta não pode ser descartada, uma vez que os conhecimentos mecânicos podem se tornar significativos (Moreira, 1999, pg. 154.).

Além disso, quando o indivíduo não tem *subsunçores* para um determinado conhecimento necessariamente o primeiro contato com essa nova informação será mecânica, já que ela não terá com que se relacionar na rede cognitiva dessa pessoa. Sendo assim, em alguns casos além da aprendizagem mecânica ser útil ela pode ser necessária, já que se trata da única opção. Então, a medida que apareçam *subsunçores*, relacionados a esse assunto, torna-se possível a aprendizagem significativa, que tornará mais complexa a estrutura cognitiva em questão.

Ausubel traz ainda o conceito de *organizadores prévios*, que se trata de uma estratégia para alcançar a aprendizagem significativa na ausência de *subsunçores*. Assim, os *organizadores prévios* são um material introdutório que servirá de *ponte cognitiva* para a aprendizagem significativa na ausência de *subsunçores*.

Para Ausubel existem três fatores necessários para que ocorra a aprendizagem significativa, e nós entendemos que esses fatores podem ser contemplados quando usamos a cosmologia para ensinar física, sendo eles:

- ***Estrutura cognitiva pré-existente (subsunçores) para se relacionar com o novo conhecimento:***

Como a cosmologia é muito divulgada através de filmes, desenhos, documentários, noticiários (Schivani, 2010, pg. 126), possivelmente esse tema esteja no universo de conhecimento dos alunos. Além disso, como a cosmologia também está presente nos ensinamentos de diversas religiões, mesmo que não seja a cosmologia aceita cientificamente, os indivíduos com esses conhecimentos certamente têm *subsunçores* para se relacionar com os conceitos da cosmologia física.

- ***O conteúdo tem que ter ser potencialmente significativo:***

Material potencialmente significativo: o significado está nas pessoas, não nas coisas. Então, não há, por exemplo, livro significativo ou aula significativa; no entanto, livros, aulas, materiais instrucionais de um modo geral, podem ser potencialmente significativos e para isso devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem apreendíveis) e os sujeitos devem ter conhecimentos prévios adequados para dar significado aos conhecimentos veiculados por esses materiais. (Moreira, 2011b, pg. 10)

Como dito anteriormente, a cosmologia é um tema potencialmente significativo, haja vista o seu desenvolvimento em várias áreas do conhecimento, como no meio científico, religioso, artístico, entre outros. Apesar disso, de aparentemente a cosmologia não contribui diretamente com a vida prática dos alunos e nem com a inserção no mercado de trabalho, mas acreditamos que ela pode ser muito rica se pensarmos nas possibilidades de discussões acerca do desenvolvimento da ciência, ou seja, de como se faz e do que é a ciência (Henrique, 2011, p.22). Além de servir como ferramenta facilitadora do aprendizado de conteúdos de física, já que a cosmologia pode ser um instrumento para motivar os alunos a aprenderem sobre tais conteúdos.

- ***O indivíduo precisa ter pré-disposição em aprender:***

Acreditamos que para contemplar esse fator primeiro é preciso despertar o interesse do indivíduo pelo conhecimento, e a cosmologia por si só já é um tema que pode despertar a curiosidade de muitas pessoas, haja vista seu desenvolvimento histórico. Além disso, a necessidade do ser humano em entender sua origem e seu futuro podem possibilitar uma relação afetiva com a cosmologia.

A predisposição para aprender, colocada por Ausubel como uma das condições para a aprendizagem significativa, está, para Novak, intimamente relacionada com a experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo. [...] Predisposição para aprender e aprendizagem significativa guardam entre si uma relação praticamente circular: a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera este tipo de experiência afetiva. Atitudes e sentimentos positivos em relação à experiência educativa têm suas raízes na aprendizagem significativa e, por sua vez, a facilitam. (Moreira, 2011, pg. 12)

Vale ressaltar que a predisposição do aluno em aprender significativamente não é exatamente ter curiosidade sobre o assunto, ou até mesmo motivação. É na verdade um compromisso em aprender, é gostar de aprender, é querer aprender, o que, sob nossa interpretação, implica em curiosidade e motivação.

A aprendizagem significativa não se caracteriza apenas pela expansão de conhecimento do indivíduo, mas sim pela ampliação da estrutura cognitiva, onde o novo conhecimento se relaciona com o antigo, formando uma rede de conhecimentos. Já na aprendizagem mecânica, muito comum no ensino atualmente, o novo conhecimento não se relaciona com o antigo, possivelmente porque o antigo não existia, ou seja, o novo conhecimento é totalmente descontextualizado da vida do aluno. Segundo Ausubel, o conhecimento adquirido por esse tipo de aprendizagem é facilmente perdido, já que não se relaciona com a rede central de conhecimentos do indivíduo, apesar de em alguns casos progredir para um conhecimento significativo.

Em uma primeira análise as concepções psicológicas de aprendizagem de David Ausubel e os ideais pedagógicos defendidos por Paulo Freire não se relacionam, uma vez que este defende uma educação para a liberdade de uma classe socialmente oprimida, enquanto aquele apresenta os mecanismos necessários para uma aprendizagem significativa. Porém, com o surgimento da corrente psicológica humanística, desenvolvida por Joseph Novak, educador norte-americano, e da teoria da aprendizagem significativa, a ligação entre Ausubel e Freire se torna possível.

Na corrente humanística os valores estão voltados para os sentimentos, as ações e os seres humanos, prezando por uma educação centrada no aluno, e no aprender a aprender, semelhante às concepções de Freire. Segundo Novak a aprendizagem é uma troca de sentimentos, *evento educativo acompanhado de uma experiência afetiva* (Moreira, 2011, pg. 36). Desta forma, Novak dá um novo significado às ideias de Ausubel, indicando a educação

como construção do conhecimento humano integrado com sentimento e ações, que conduzem ao *engrandecimento humano* (Moreira, 2005, pg. 36).

Desta forma, fica mais evidente a relação com a pedagogia de Freire, que também entende a educação como um processo de construção humana, que resulta no engrandecimento individual, coletivo e social, para a libertação. Outro fator importante é que Ausubel se aproxima de Freire quando ressalta a importância em explorar os conhecimentos prévios dos educandos, para que possa ocorrer a aprendizagem significativa.

Por isso é que não podemos, a não ser ingenuamente, esperar resultados positivos de programa, seja educativo num sentido mais técnico ou de ação política, se, desrespeitando a particular visão do mundo que tenha ou esteja tendo o povo (Freire, 1983b, pg. 101)

Mas na verdade *é preciso que educador político seja capaz de conhecer as condições estruturais em que o pensar e a linguagem do povo, dialeticamente, se constituem* (Freire, 1983b, pg. 102). Além disso, Freire concorda que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, porém os significados estão nas pessoas e não no material. Desta forma, uma educação autêntica, como ampliação de significados, é mediatizada pelo mundo que origina pontos de vista, muitas vezes *impregnadas de anseios, de dúvidas, de esperança ou desesperanças que implicam temas significativos, à base dos quais se constituirá o conteúdo programático da educação*. (Freire, 1987, pg. 48)

Assim, tanto na pedagogia libertadora quanto na aprendizagem significativa, é necessário que os significados a serem desenvolvidos não estejam distantes da vida dos educandos, uma vez que isso não implica em uma aprendizagem significativa, e nem em uma educação autêntica. Na verdade pode apenas produzir uma aprendizagem mecânica, esvaziada de significados, por meio de uma *educação bancária e extensionista*.

Em suma, para ambos, Freire e Ausubel, mediados por Novak, aprender não é decorar, não é se apropriar do conhecimento alheio, mas estabelecer significados entre o novo conhecimento e seus *subsunçores*, ou *universo temático*, através de sentimentos, emoções, experiências e ações.

3.2.1. Mapeamento conceitual

A ideia de mapa conceitual (MC) surgiu na década de 70 no grupo de estudo de pós-graduação de Joseph Novak, devido a uma dificuldade em verificar a mudança conceitual das

crianças em processo de aprendizagem, já que entrevistas semi-estruturadas não estavam atendendo a esse objetivo. Numa tentativa de organizar os dados coletados, a equipe de Novak decidiu transformar as transcrições das entrevistas em MCs que representassem o conhecimento dessas crianças. Desta forma nasce a ideia de mapeamento conceitual baseado na teoria da assimilação de David Ausubel.

Rapidamente esse grupo de estudo percebeu que o mapeamento conceitual não servia apenas para organizar e representar um determinado conhecimento, mas na verdade o MC ajudava o aluno a aprender mais sobre o que ele estava tentando representar, ou seja, os alunos aprendiam mais fazendo MCs, eles aprendiam a aprender significativamente (Novak, 2010, pg. 1).

Como Ausubel aponta em sua teoria, o fator mais importante na aprendizagem significativa é partir do conhecimento prévio do aluno, mas é nesse ponto que surge um grande problema, como descobrir quais são os conhecimentos prévios dos alunos? E é na solução dessa questão que o MC mostra uma de suas importantes utilidades, pois se entende que um MC representa o conhecimento real do indivíduo sobre o assunto, já que sua elaboração é um tanto quanto complexa e requer uma interação entre o sujeito e o conhecimento em questão. Desta forma, é praticamente inviável construir um MC sobre um assunto que não se conhece.

Mas apesar dos mapas conceituais se mostrarem eficientes tanto para a coleta de dados quanto como uma ferramenta de auxílio à aprendizagem significativa, algumas dificuldades permeavam a sua utilização, sendo possivelmente a principal delas o fato de os mapas serem desenhados a mão, o que levava muito tempo, pois a construção de um MC é algo complexo e muitas vezes o indivíduo acabava tendo que apagar e refazer várias vezes. Mas, com o avanço tecnológico logo surgiu o programa *CmapTools* (*disponível em <http://cmap.ihmc.us/download/>*), um programa gratuito, que possibilita a construção de mapas com maior facilidade, já que facilmente podemos rearranjar a configuração do mapa do modo mais adequado. O MC que até então era usado apenas no ramo educacional começou a ser difundido para outras áreas do conhecimento, e atualmente é usado por empresas, instituições e grupos de pesquisas como uma melhor forma de organizar o conhecimento.

Novak aponta que o MC é uma ferramenta universal, uma vez que não existe uma área do conhecimento a que ele não se aplique, ou seja, além de poder ser usado como uma

ferramenta facilitadora da aprendizagem significativa, atualmente muitas outras utilidades lhe são conferidas. No ramo educacional os mapas são usados para facilitar a aprendizagem significativa, eles podem também ser usados na elaboração do currículo, pois permitem

Identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem. (Moreira, 2005, pg. 06)

Também podem contribuir na avaliação da aprendizagem significativa, já que através deles podemos perceber qual organização conceitual o aluno atribuiu a um determinado assunto. Entretanto, não existe um MC correto, ou seja, nem o professor pode apresentar um *MC de certo conteúdo e sim um mapa conceitual para esse conteúdo segundo os significados que ele atribui aos conceitos* (Moreira, 2005, pg. 07), da mesma maneira o professor não deve esperar que durante um processo avaliativo o aluno apresente um MC correto, mas na verdade ele deve analisar qual rede de significados seu aluno foi capaz de construir.

Outro fator importante dos MC é que apesar dos diversos recursos que usamos para construí-los, eles podem não ser autoexplicativos. Necessariamente o autor deve explicá-lo, porque é dessa maneira que ele externaliza significados, e possivelmente esse seja um dos pontos mais importantes dos MCs.

Neste trabalho apresentaremos alguns MCs que, apesar de não serem autoexplicativos, tentaremos torná-los claros com uma introdução textual sobre o assunto. Outro ponto importante é que os MCs apresentados aqui não podem ser entendidos como os corretos, uma vez que eles representam nossa interpretação sobre o assunto, desta forma não é aconselhável levar esses mapas prontos para a sala de aula, já que desta forma ele perde todo o seu caráter significativo.

O MC é uma ferramenta gráfica (Novak, 2010, pg. 2) que é construída para responder uma pergunta sobre algum tipo de conhecimento, chamada de *pergunta focal*. Para alcançar

esse objetivo basicamente usamos três tipos de objeto, os *conceitos*, as *frases de ligação* e os *conectores*. Os *conceitos* se caracterizam por palavras chaves que serão apresentadas dentro de círculos ou caixas, que se relacionam entre si através dos *conectores* (flechas), e essas relações são explicadas pelas *frases de ligação*, dando origem ao que é chamado de *proposição*, que expressa o significado da relação entre esses conceitos. Um conceito pode se relacionar significativamente com diversos outros, e de fato quanto mais relações um conceito mantém maior é sua importância dentro do MC.

Para construir um MC um dos primeiros passos pode ser a elaboração da *pergunta focal*, que objetiva o MC, feito isso deve identificar os conceitos chaves necessários para responder à *pergunta focal*, e depois começar a relacionar os conceitos entre si com auxílio das *frases de ligações*. O MC abaixo nos dá uma ideia geral das principais características de um mapa conceitual:

Figura 1: MC características de um mapa conceitual³

³ Esse mapa conceitual foi adaptado de Novak 2010, pg.10.

CAPÍTULO 4 – A origem e evolução do universo e a construção do conhecimento científico

4.1. Mitos cosmogônicos e a importância para as sociedades antigas

O mito é um elemento cultural extremamente complexo, que muito nos conta a respeito de uma determinada sociedade, segundo Mircea Eliade (1907-1986), historiador das religiões e mitólogo, a função de um mito é exemplificar e dar significado a todas as “atividades humanas significativas: tanto a alimentação ou o casamento, quanto o trabalho, a educação, a arte ou a sabedoria.” (Eliade, 1972, pg. 10). E assim eles são usados para orientar e dar explicações a acontecimentos que não conseguimos explicar.

A função mais importante dos mitos é a de fornecer *os símbolos que levam o espírito humano a avançar, opondo-se àquelas outras fantasias humanas constantes que tendem a levá-lo para trás.* (Campbell, 1997, pg. 8). Joseph Campbell (1904-1987) foi um estudioso norte-americano de mitologia, e segundo ele o mito tem quatro funções básicas:

- A primeira é a função mística: é a abertura do mundo para o desconhecido, para a tomada de consciência do mistério e do seu caráter sagrado.
- A segunda é a função cosmológica: ocupada hoje principalmente pela ciência, que vem desvendando os enigmas do universo, mas de tal maneira que vários mistérios ainda se manifestam como nos mitos, já que a ciência não detém todas as respostas.
- A terceira é a função sociológica: passando valores morais e éticos, de como deveria ser uma sociedade ideal. Destacado também por Jean Pierre Vernant, historiador e antropólogo francês, quando destaca que um mito tem a função de transmitir memórias, não de um indivíduo, mas de um coletivo. (Vernant, 2000, pg. 12)
- A quarta é a função pedagógica: os mitos têm muito a ensinar sobre como viver uma vida plena com certa sabedoria, eles auxiliam em nossa formação como seres humanos. Apesar disso, essa função é basicamente ignorada nos tempos atuais, já que estamos mais voltados para uma formação tecnológica, haja vista o currículo do ensino médio.

[...] o que estamos aprendendo em nossas escolas não é sabedoria de vida. Estamos aprendendo tecnologias, estamos acumulando informações. (Campbell, 1997, pg. 45)⁴

A palavra mito não tem uma definição única aceita pelos especialistas, apesar disso, concordamos com a definição pessoal de Eliade onde o mito é um conjunto de histórias sagradas de um tempo primordial, que narra ações de entes sobrenaturais (Eliade, 1972, pg. 9). Trata-se sempre da narrativa de uma criação, seja ela de um animal, de uma cidade, de um comportamento, do homem ou do próprio universo, sendo assim, sempre conta como algo veio a existir. Essa definição está de acordo com a do historiador da ciência brasileiro Roberto Martins, que afirma que os mitos são:

Histórias que descreviam como um ou vários personagens sobrenaturais (deuses ou outros seres) fizeram o mundo primitivo, criaram os animais, as plantas, os homens e estabeleceram os costumes, as leis, a estrutura da sociedade. [...] Esses mitos estão sempre associados a uma visão religiosa: os seres sobrenaturais descritos nos mitos devem ser respeitados e obedecidos [...]. (Martins, 2012, pg.6)

Hoje, quando pensamos na palavra mito logo nos vem a ideia de uma fábula, invenção, ficção, ou seja, uma história criativa, porém inventada. Mas quando pretendemos entender quais os significados que os mitos adquiriam nas sociedades antigas, devemos nos desvincular do atual significado dessa palavra, uma vez que naquelas sociedades um mito tratava da verdade em sua plenitude (Eliade, 1972 pg. 09).

Diferentemente da ciência moderna, que não defende a ideia de verdade absoluta, e hoje através dos mais complexos modelos cosmológicos, por exemplo, nos fornece uma possível representação de como o universo teria surgido, as sociedades antigas entendiam os mitos cosmológicos como a verdade absoluta e não simplesmente uma representação do início do universo. A prova disso estaria no fato do universo existir, ou seja, se o universo existe de fato a única maneira de ele ter vindo a existir estava narrada no mito cosmogônico desse povo, que era, para eles, um fato real e histórico.

Os mitos fazem parte de uma categoria particular de criações espirituais da humanidade antiga, que relatam um acontecimento que tem um lugar no tempo, num instante primordial, *in principio*, tratando-se de um tempo sagrado, divino, atemporal, sem duração,

⁴ Apesar de Campbell estar inserido em outra época e em outra realidade, a das escolas norte-americanas, sua fala é bastante pertinente em nosso contexto.

diferente do tempo profano de duração contínua e ininterrupta em que vivemos. (Eliade, 1979 pg. 56). Essa característica sagrada e verdadeira dos mitos impõe que a simples leitura desses, nos liberta do nosso tempo profano, dessa forma, somos projetados ao tempo sagrado dos mitos (Eliade, 1979 pg. 57).

Por essa razão muitos mitos não podem ser recitados de qualquer maneira. Como um ritual, requer uma preparação para passar ao tempo sagrado. Muitos povos acreditam que a leitura desses mitos, pelo seu poder de trazer o princípio, a renovação, poderia curar pessoas, abençoar o ano novo, os casamentos e os nascimentos. (Eliade 1979, Martins 2012, Torrano 1995).

“[...] um mito arranca o homem do seu tempo próprio — do seu tempo individual, cronológico, «histórico» — e o projeta, pelo menos simbolicamente, no Grande Tempo, num instante paradoxal que não pode ser medido porque não é constituído por uma duração.” (Eliade, 1979 pg. 57)

Assim, o simples fato de ouvir um mito faz os homens se esquecerem, em parte, de sua realidade particular, de suas obrigações diárias, de sua fragilidade enquanto seres humanos. Eles se veem diante de um mundo sagrado e mítico, muito maior do que tudo que eles conhecem. Da mesma maneira que hoje a nossa história é considerada um fator primordial para o nosso desenvolvimento, ou seja, nos consideramos produtos dela, as sociedades antigas davam a mesma importância a seus mitos. (Eliade, 1972 pg. 13)

"O mito, quando estudado ao vivo, não é uma explicação destinada a satisfazer uma curiosidade científica, mas uma narrativa que faz reviver uma realidade primeva, que satisfaz a profundas necessidades religiosas, aspirações morais, a pressões e a imperativos de ordem social, e mesmo a exigências práticas. Nas civilizações primitivas, o mito desempenha uma função indispensável: ele exprime, enaltece e codifica a crença; salvaguarda e impõe os princípios morais; garante a eficácia do ritual e oferece regras práticas para a orientação do homem. O mito, portanto, é um ingrediente vital da civilização humana; longe de ser uma fabulação vã, ele é ao contrário uma realidade viva, à qual se recorre incessantemente; não é absolutamente uma teoria abstrata ou uma fantasia artística, mas uma verdadeira codificação da religião primitiva e da sabedoria prática [...]." (Malinowski citado em Eliade, 1972 pg. 18)

Desta forma, em muitas sociedades, além dos mitos serem muito importantes para a classe dominante, eram igualmente, se não mais, importantes para o homem comum, que

geralmente não tinha acesso à leitura. Entretanto o mito, que era contado, possibilitava a ele conhecer o passado, tomar decisões no presente e prever o futuro.

É através da audição deste canto que o homem comum podia romper os restritos limites de suas possibilidades físicas de movimento e visão, transcender suas fronteiras geográficas e temporais, que de outro modo permaneceriam infranqueáveis, e entrar em contato e contemplar figuras, fatos e mundos que pelo poder do canto se tornam audíveis, visíveis e presentes. (Torrano, 1995, pg. 11)

Apesar da grande diversidade de mitos, estudiosos os classificam em apenas duas categorias, mas relacionadas a um momento de criação:

- Mitos cosmogônicos: são histórias a respeito da primeira criação, do nascimento do mundo, dos deuses e dos humanos, ou seja, é um mito que nos conta sobre o primeiro tempo, o tempo sagrado.⁵
- Mitos de origem: completam os mitos cosmogônicos, apresentando criações de heróis, costumes, instituições, eles *contam como o Mundo foi modificado, enriquecido ou empobrecido*. (Eliade, 1972 pg. 20)

Além disso, o mito pode atingir um patamar de importância ainda maior se pensarmos que a necessidade do homem antigo em conhecer e explicar o mundo que o cercava, certamente foi o que impulsionou posteriormente o desenvolvimento da ciência que hoje nos fornece complexos modelos cosmológicos. E essa necessidade, há muitos milhares de anos, fez com que povos dos quatro cantos da Terra criassem seus próprios modelos para explicar o mundo que os cercava. Neste capítulo apresentamos os mitos da criação de diferentes sociedades antigas espalhadas pelo mundo.

A necessidade em explicar a nossa origem gerou em homens de todas as sociedades conhecidas, um instinto natural em elaborar cosmogonias para tentar explicar o universo em que vivem, e isso é muito mais antigo que o desenvolvimento científico (Kuhn, 2002; Kragh, 1996, pg. 39). Todas as sociedades de que temos conhecimento têm tido uma maneira de explicar o mundo a sua volta, que geralmente está associada a um conjunto de mitos e histórias sagradas, onde os deuses são os grandes criadores e controladores do universo.

⁵ Com essa definição usaremos o termo cosmogonia ao tratar dos mitos de criação ou de modelos hipotéticos de criação do universo, enquanto o termo cosmologia será usado apenas para modelos elaborados em um contexto científico

Não se sabe ao certo quando a astronomia surgiu ou quando o homem começou a se questionar sobre sua origem e sobre o universo que o cercava. Possivelmente, desde tempos imemoriais, os seres humanos que se reuniam à noite em torno de fogueiras, começaram a se indagar sobre a origem e os significados dos pontos luminosos que existem no céu. Desta forma, hoje podemos encontrar aspectos da remota história da astronomia em diversos monumentos megalíticos, como o misterioso círculo de pedras de Stonehenge, na Inglaterra, construído entre 3000 e 1700 A.C. graças ao interesse que o homem cultivou, desde muito cedo, pelos mistérios do céu.

Stonehenge é um dos monumentos megalíticos que mais chama a atenção dos estudiosos, uma vez que muitos mistérios cercam sua construção e sua utilidade. As pedras que constituem tal monumento chegam a pesar 30 toneladas, além disso, elas não são próprias da região. Arqueólogos acreditam que elas foram transportadas do País de Gales, mas como foi possível tal empreendimento na Idade da Pedra? Fortes indícios apontam que Stonehenge tinha utilidades religiosas, mas *é também quase certo que também se tratava de uma espécie de tosco⁶ observatório* (Kuhn, 2002, pg. 26).

Algumas hipóteses foram elaboradas para explicar a utilização astronômica desse monumento, sendo as mais completas e detalhadas propostas por Gerald Hawkins em 1965 e Fred Hoyle em 1972. Hoyle utilizando a teoria de Hawkins desenvolveu uma explicação plausível de como eram feitas as observações para prever a posição do Sol, da Lua e de eclipses (Hoyle, 1972).

Além de monumentos megalíticos como Stonehenge fornecerem evidências do interesse dos homens primitivos pelo céu⁷, existem registros astronômicos que confirmam essa ideia, que foram realizados por diferentes povos, como: babilônios, egípcios, chineses e assírios (Kantor, 2012, pg. 83). Além desses registros esses povos também deixaram modelos de universos que, apesar de não terem nenhum tipo de apoio na ciência, possibilitaram a construção de modelos filosóficos e posteriormente científicos.

A origem e o destino do universo, da vida, da razão e do conhecimento, temas permanentes da filosofia, se tornaram objeto de estudo regular das ciências da natureza, o que de certa forma restabelece uma antiga intimidade entre dois campos

⁶ Nesse contexto o termo “tosco” deve ser compreendido como rústico e não como simples, pobre ou grosseiro.

⁷ Existem outros objetos pré-históricos que evidenciam o conhecimento astronômico dos antigos, como as ruínas de Goseck na Alemanha, o observatório de Chankillo no Peru, o monumento Newgrange na Irlanda e o Teotihuacan no México, entre outros.

centrais da cultura humana, o pensamento científico e o pensamento filosófico. (Menezes, 2005, pg. 4)

Os primeiros modelos cosmogônicos eram baseados em divindades, sendo alguns bem conhecidos como o mito bíblico da criação (Martins, 2012) e outros menos como os mitos maia, chinês, hindu entre outros. Mas todos são cercados de uma beleza poética, que é característica dos modelos mais antigos, exemplificando a tese de Rousseau de que a poesia constituiu provavelmente a primeira forma de conhecimento. Segundo Kuhn, esses mitos são criados não apenas para explicar a origem do universo, mas também para satisfazer uma necessidade psicológica, já que eles *fornecem uma orientação para as atividades diárias do homem e para a atividade dos seus deuses*, que de certa forma dá a esse indivíduo um sentido para viver.

O homem não consegue existir muito tempo sem inventar uma cosmologia, porque esta pode fornecer-lhe uma mundividência que lhe dá um sentido a todas as suas ações, práticas e espirituais. (Kuhn, 2002, pg. 22)

Possivelmente por isso os mitos surgem em todas as civilizações, e em todas as épocas, e tem de forma direta ou indireta, influenciado e inspirado todos os produtos sociais como a cultura e até mesmo a ciência.

As religiões, filosofias, artes, formas sociais do homem primitivo e histórico, descobertas fundamentais da ciência e da tecnologia e os próprios sonhos que nos povoam o sono, surgem do círculo básico e mágico do mito. (Campbell, 1997, pg. 6)

Ao analisarmos essa variedade de mitos podemos perceber que existem semelhanças entre eles, apesar de terem sido elaborados nos diferentes cantos da Terra e em diferentes épocas. Muitas ideias básicas se repetem de forma semelhante ou mesmo idêntica em alguns mitos. Não existe uma explicação confirmada para esse fato, mas alguns estudiosos dizem que talvez alguns povos tenham tido algum tipo de contato graças à proximidade em que viviam, como os egípcios e os babilônicos, segundo Martins:

Em alguns casos, pode-se pensar em uma tradição comum, muito antiga. Assim, a mitologia grega e a indiana, por exemplo, possuem várias semelhanças que são atribuídas a uma cultura indoeuropéia primitiva, de onde teriam saído tanto os gregos quanto os indianos. Os estudos linguísticos, no século passado, mostraram que os idiomas de muitos povos europeus e asiáticos possuem semelhanças tão grandes que deve-se supor que saíram todos de um só idioma comum; da mesma

forma, isso deve ter acontecido com muitos outros elementos culturais e religiosos.
(Martins, 2012, pg. 12)

Mas como explicar quando percebemos essa ocorrência entre povos da América e da África, já que não parece ser possível que esses povos tivessem tido algum tipo de contato. Apresentaremos abaixo alguns mitos de criação onde ficam claras suas semelhanças, mas já adiantamos, por exemplo, o fato de o homem ter sido criado a partir do barro no mito maia, no chinês e no grego, além é claro do conhecido mito bíblico que não foi tratado neste trabalho. Esses detalhes podem tornar a discussão dos mitos com os alunos do ensino médio algo muito interessante, já que eles podem ser instigados a pensar em uma possível explicação para o fato de essas semelhanças existirem mesmo quando a distância geográfica separa esses povos, tornando improvável que eles tenham tido algum tipo de contato, mesmo que indireto.

Outras semelhanças curiosas são encontradas nesses mitos, como a existência de uma água primordial no mito dos babilônios, dos egípcios e dos indianos; e a existência inicial do caos e da escuridão em algumas histórias de alguns mitos. Obviamente, não podemos afirmar, mas não está totalmente descartada a possibilidade desses povos terem de certa forma, num passado remoto, trocado elementos culturais.

Além disso, esse aspecto curioso dos mitos de criação podem ser usados nas aulas de física para enriquecer a abordagem de conceitos que hoje estão consolidados, mas que no passado foram propostos de forma obscura e muitas vezes mítica como, por exemplo, a singularidade do *Big Bang*, que para muitos cientistas da época não passava de mito como percebemos na fala de Hannes Alfvén ao se referir a essa teoria:

Nossos mitos contemporâneos gostam de se enfeitar com roupagem científica, com a pretensão da respeitabilidade. (Alfvén citado em Smoot, 1995, pg 91)

Com isso, o estudo da mitologia que aparentemente não se relacionava com a física, pode possibilitar uma ligação direta com os modelos cosmológicos mais modernos, e até mesmo conceitos da física moderna⁸.

⁸ Obviamente não é nossa intenção tratar a ciência como algo mítico, mas sim de mostrar aos alunos que a ciência não é a única forma de pensar sobre a realidade. Muitas vezes a ciência é apresentada nas escolas como algo superior e mais importante que outras formas de pensamento como, por exemplo, o filosófico e principalmente o mítico.

É notável como as visões da moderna cosmologia lembram cenários mitológicos e tragédias ancestrais [...] a moderna tecnologia, que dá realidade científica ao que um dia foi mito. (Menezes, 2005, pg.12)

A apresentação e discussão desses mitos na educação básica, além de resgatar parte importante da pré-história do conhecimento científico, podem despertar curiosidades nos jovens a respeito dos mitos que são mais próximos da cultura brasileira, como aqueles presentes nos povos indígenas e africanos.

Apesar da quantidade de mitos de criação existentes, apresentaremos abaixo apenas a história da criação de seis civilizações antigas⁹, os maias, os babilônios, os egípcios, os indianos, os chineses e os gregos, que foram selecionados por seus mitos apresentarem uma grande riqueza em detalhes e elementos semelhantes entre si, mesmo estando esses povos geograficamente separados. Além disso, usamos o critério geográfico para escolher os mitos, tentamos selecionar um mito de cada continente com a intenção de representar o pensar mítico dos quatro cantos do planeta, entretanto não foi abordado nenhum mito do continente australiano.

Neste trabalho não abordaremos a visão cristã de criação, por entendermos que se trata de algo que já é de conhecimento comum em nossa sociedade, dessa forma prezamos por mitos de outras civilizações, porém o mito cristão é eventualmente citado neste trabalho.

4.1.1. Cosmogonia Maia

A civilização maia surgiu por volta do ano 1800 A.C. na região da mesoamérica, que hoje corresponde ao sudeste do México, Belize, Guatemala, as partes setentrionais de Honduras e El Salvador. Essa civilização teve seu período clássico entre 250 A.C. e 900 D.C. quando desenvolveram: um sistema de escrita e a produção de livros de papel de pele, os chamados “códices”, também tinham várias habilidades matemáticas, boas observações astronômicas, um calendário interessante e uma arquitetura incrível, características que mostram as peculiaridades da cultura desse povo. Por volta do século IX a maioria das cidades maias foi misteriosamente abandonada, restando apenas algumas cidades ao norte,

⁹ Vale ressaltar que para alguns desses povos não existia apenas uma única versão para a história da criação, porém neste trabalho procuramos trabalhar versão mais recorrente na literatura.

que posteriormente foram descobertas e colonizadas pelos espanhóis. Apesar disso, a cultura maia não foi totalmente perdida.

Os maias desenvolveram a astronomia, faziam observações dos objetos celestes e tinham a habilidade de prever a posição desses objetos anos à frente, assim como os eclipses lunares e solares com certa precisão, considerando que suas observações eram a olho nu. Eles registravam o movimento do Sol, da Lua, de Júpiter, de Marte, na eclíptica e da via láctea, e tinham um interesse especial em Vênus que era cultuado, mas todo esse interesse astronômico, provavelmente, não tinha um caráter científico e nem filosófico, mas sim religioso e mítico.

Mito de Criação

Os maias originais tinham uma cosmogonia cercada de beleza e figuras míticas que representavam bem o universo a sua volta. A criação do mundo segundo esse povo é descrita no *Popol Vuh*, uma coleção épica de lendas que pode ser considerada “a Bíblia” da América (Brotherston, 2007, pg. 11). Esse livro foi escrito apenas três décadas depois da invasão dos colonizadores no século XVI, sendo o mais antigo manuscrito uma edição da Guatemala, que na verdade é uma cópia de outra cópia do original¹⁰.

O *Popol Vuh* nos conta que no início não havia nada apenas a escuridão, onde viviam *Petev* e *Quq Kumatz* (Moreira, 2008), os deuses primordiais que decidiram criar o mundo. Para isso juntaram suas palavras e pensamentos para conceberem a criação. E assim, criam o mundo apenas com seus pensamentos. “Por si só o céu existiu, a face da Terra não visível, só água retida, escuridão e noite” (Brotherston, 2007, pg. 47, vs. 120 e 130).

Desta forma a Terra foi criada por deuses que, admirando tal criação, perceberam que ela precisava ser protegida. Para isso, idealizaram os animais que foram criados com suas palavras. Logo depois desse ato, pedem que os animais os adorem, porém *Petev* e *Quq Kumatz* logo descobrem que eles não podiam falar.

¹⁰ A originalidade do *Popol Vuh*, no geral, é muito contestada, acredita-se que exista muita influência cristã dos colonizados. Em 2009, o arqueólogo Richard Hansen encontrou um friso arquitetônico de cerca de 300-200 aC, que trouxe mais credibilidade ao *Popol Vuh*, pois o friso continha representações que também aparecem no manuscrito do *Popol Vuh*, que foi encontrado pelo frei Francisco Jiménez. Vale ressaltar que este trabalho não tem um caráter antropológico, por isso apresentamos o mito encontrado no *Popol Vuh*.

Assim nasce a necessidade de criar os homens, perfeitos adoradores, que tomariam o lugar dos animais, os domesticariam e se alimentariam deles, seriam os senhores dos animais e adoradores de *Petev* e *Gucumatz*.

“Vocês ainda não nos invocaram.
De fato existe.
Ou tinha de existir,
Um louvador,
Um adorador a quem ainda faremos,
O qual irá precisamente tomar seus lugares,
E sua carne será então comida.
Que assim seja,
E para isso vocês possam ser úteis”
(Brotherston, 2007 pg. 59, vs. 400)

Nesse mito o homem inicialmente é criado a partir do barro, mas o resultado não é bom, pois o barro gerou homens encharcados, literalmente caindo aos pedaços, com olhos opacos. Quando esses homens de barro falaram não foram compreendidos e, de repente, se dissolveram. *Petev* e *Quq Kumatz*, percebendo que sua criação não era forte, que não seriam capazes de andar e não se multiplicariam, decidem destruir o que restou dos homens de barro, uma vez que a maioria já havia derretido.

Em uma segunda tentativa os criadores esculpem o homem em um pedaço de madeira, que origina seres que sabiam falar, andar e procriar. Mas, apesar disso, esses seres não tinham coração, eram desprovidos de alma, sangue, memória e logo se esqueceram de adorar seus deuses.

“O boneco então foi feito.
Entalhado na madeira.
Eles eram como pessoas.
Existiam seres sobre a face da terra.
Eles viveram; Eles se multiplicaram.
Geraram filhas, geraram filhos [...].
Mas eles não tinham coração e não tinham mente.
Eles não se lembraram do seu Tzakol e seu Bitol” (criadores)
(Brotherston, 2007, pg. 71, vs. 630)

E observando sua segunda criação, também mal sucedida, os deuses novamente decidem pela destruição. Mas, diferentemente dos homens de barro, os homens de madeira

eram numerosos na Terra, então, para executar essa nova destruição eles produzem um dilúvio, que não se mostrou suficiente para acabar com todos os homens de madeira. Encarregam então, os animais de exterminar os sobreviventes que, apesar de todo empenho, deixam alguns homens fugir para as florestas. Uma curiosidade é que os maias acreditavam que tais homens originaram os macacos.

Enfim, o homem é criado do milho, o que é justificável pela prática agrícola dessa civilização, já que o milho era sua principal fonte de alimentação. Os homens criados a partir da pasta de milho eram perfeitos e tinham muitas habilidades, além de louvarem e adorarem seus criadores. Mas uma habilidade em especial conferia a esses homens uma visão privilegiada de tudo que acontecia no mundo, e seus criadores perceberam que eles enxergavam através de tudo, de qualquer obstáculo, o que lhes dava muito poder. Para corrigir esse problema os deuses decidem recortar seus olhos, tornando-os cegos, “cegos” como nós que só enxergamos o que está à nossa frente, quando está perto e claro. Abaixo encontra-se um MC que representa o mito de criação maia e algumas peculiaridades.

Figura 2: MC do mito de criação maia

Modelo de Mundo

Uma curiosidade sobre a criação do universo dos maias é o fato de suas habilidades com o calendário ter proporcionado calcular o momento exato da criação do universo, aurora do dia 13 de agosto de 3112 A.C. Os maias concebiam a Terra plana com quatro cantos, e esse mundo era representado por uma grande e sagrada árvore chamada de *Yaxché*. Repleto de detalhes, o modelo de mundo dos maias afirma que *Yaxché* estaria situada no centro da Terra, seus ramos sustentam o céu e suas raízes se estendem por todo submundo. Os quatro cantos da Terra, norte, sul, leste e oeste, estão representados na figura pelo branco, amarelo, vermelho e preto, respectivamente, como mostra a figura abaixo:

Figura 3: Yakché, a árvore mundo dos maias ¹¹

Para eles o mundo era dividido em três níveis, sendo acima os céus, alcançado pelos ramos da *Yaxché*, que abrigava diversos deuses. O meio era a Terra com seus quatro cantos, representada por um grande crocodilo que, por consequência, formava o solo e suas irregularidades, explicadas pela pele grossa e irregular característica dos répteis. Como já era esperado as raízes da *Yaxché*, a parte inferior, guardava o submundo, que em nossa cultura conhecemos como inferno, chamado pelos maias de *Ximbalba*, um lugar cheio de deuses malignos, doenças e espíritos.

Para os maias o universo tinha uma característica cíclica, uma vez que o mesmo havia sido criado e destruído várias vezes. Até mesmo na criação do homem percebemos a repetição de criação e destruição. No seu modelo de mundo os maias conseguiram explicar o

¹¹ Figura retirada de do site http://www.authenticmaya.com/maya_cosmology.htm

movimento do Sol, que girava em torno da Terra plana, durante o dia passando pelos céus e à noite pelo submundo do *Ximbalba*.

4.1.2. Cosmogonia Babilônica

Os babilônios viveram entre os séculos XVIII - VI A.C. na região da mesopotâmia, em uma planície de terras férteis entre os rios Tigre e Eufrates. Eles desenvolveram uma forma de escrita que usava símbolos cuneiformes e seus conhecimentos eram registrados em blocos de argila úmida, que eram entalhados e colocados para secar ao sol, ou até mesmo assados em fornos. Muitos desses blocos sobreviveram até os dias de hoje. Dentre os povos mais antigos os babilônios tinham significativa vantagem no conhecimento matemático e astronômico. Eles desenvolveram uma sofisticada matemática de base 60, que ainda hoje sobrevive na nossa divisão da circunferência em 360 graus, e na nossa hora em 60 minutos e minuto em 60 segundos (Morais, 2009, pg. 27). Muitos anos mais tarde esse conhecimento matemático foi usado por Ptolomeu em seus cálculos astronômicos.

Os babilônios fizeram sistemáticos registros de observações astronômicas em blocos de argila, observavam o movimento das estrelas e dos planetas, e com isso construíram um conhecimento sofisticado sobre o movimento do Sol, da Lua e dos planetas visíveis a olho nu. Eles sabiam que a velocidade linear aparente de translação do Sol não era constante, além disso, podiam prever as fases da Lua e os eclipses solares e lunares. Entretanto, todo esse conhecimento astronômico não foi desenvolvido por um interesse científico, mas sim místico. Eles acreditavam que o movimento dos astros influenciava o que acontecia aqui na Terra e, por isso, são considerados os criadores da astrologia. Eles dividiram o zodíaco em doze partes, dando origem aos signos (Morais, 2009, pg. 28).

Mito de Criação

O mito mais antigo elaborado para explicar a origem do universo foi criado por esse povo (Martins, 2012; Moraes, 2009), conhecido como *Enuma Elish*. Segundo esse mito no início existia apenas uma água primordial: “*O mundo começou num caos líquido. Não havia céu nem terra, [...]. Havia apenas Apsu, água doce, e Tiamat, as águas salgadas*” (*Enuma Elish*, citado em Moraes, 2009), da qual surgem os deuses primordiais. “*Dentro das águas de Apsu-Tiamat. O deus e a deusa nasceram brilhantes*” (*The Enuma Elish*, pg. 2) e esses dois deuses primordiais, que faziam parte desse tipo de água primitiva, eram chamados de *Apsu*, o

pai, que representava as águas primordiais abaixo da Terra, e *Tiamat*, a mãe, que representava o mar.

Dessas águas vão surgindo diversos deuses, filhos de *Apsu* e *Tiamat*, mas logo em seguida os deuses primordiais percebem que seus filhos se tornaram perturbadores, e assim abalam a paz de seus pais. Em uma decisão desesperada o pai, *Apsu*, decide acabar com todos os seus filhos, mas foi uma tentativa frustrada, pois *Apsu* é derrotado por um deles, *Ea*, deus da sabedoria. Com um espírito de vingança, *Tiamat* reúne um exército de feras e bestas contra *Ea*. Dentro dessa empreitada ela encontra um novo marido, *Kingu*, o dragão, que irá liderar, junto com *Tiamat*, o exército de bestas e feras. Mas apesar de todo seu empenho ela é derrotada, em uma batalha épica por *Marduk*, o criador dos céus, da terra, dos homens e de todas as outras coisas, e filho de *Ea*. (The Enuma Elish)

“Tiamat e Marduk

Aproximaram-se uns dos outros

Como fez seus exércitos.

Como fez seus exércitos.

MARDUK, lança sua rede para ela.

[...]

Dividindo Tiamat ao meio, com sua lança.

Ele a estripa, clivando seu coração

Assim que ele a mata.

Sobe sobre seu corpo, em Vitória”

(The Enuma Elish, pg. 18)

Figura 4: Tiamat e Marduk¹²

Depois de vencer a grande batalha, *Marduk* decide criar o céu e a Terra, e para isso ele usa a carne de *Tiamat*. Depois de realizar sua criação, *Marduk* volta ao seu pai que o aconselha a criar os homens para realizar o trabalho dos deuses, cuidarem da Terra. Assim, seguindo o conselho de seu pai ele cria o homem a partir do sangue de *Kingu*.

¹²Essa figura foi retirada de Campbell, 1997, pg. 167.

Criação do céu e da Terra

“Ele retornou para a carcaça de Tiamat.

Ele cliva seu crânio,

Ele cortou suas artérias,

[...]

Dividiu seu corpo

Em duas partes:

A parte superior

Tornou-se os novos céus;

A parte inferior

Se transformou na terra abaixo. “

(The Enuma Elish, pg. 18)

Criação do homem

"Eu vou

Solidificar SANGUE

Na matéria.

Vou criar uma criatura

Nomeado HOMEM.

Ele fará

Todo o trabalho dos deuses,

Assim os deuses, podem ser livres.”

(The Enuma Elish, pg. 22)

Desta forma, na versão babilônica da criação, o herói é Marduk e Tiamat é o ser terrífico, servido por bestas e feras, *personificação feminina do próprio abismo original*, que a princípio é a mãe dos deuses, mas depois torna-se a ameaça ao mundo. (Campbell, 1997, pg. 154)

O mito de criação babilônio tinha uma importância muito grande para esse povo, simbolizava o começo, o novo, dessa forma ele era ritualmente repetido em diversas cerimônias como a de ano novo, onde ritos lembravam a batalha épica de *Marduk e Tiamat*. Desta forma, para eles o primeiro dia do ano simbolizava o primeiro dia da criação. (Eliade, 1979, pg. 38). A seguir apresentamos um MC que representa esse mito:

Figura 5: MC do mito de criação babilônico

Modelo de Mundo

Os babilônios acreditavam que o universo estava dividido em seis níveis com três firmamentos e três terras: dois firmamentos acima do céu, o firmamento das estrelas, a terra, o submundo de *Apsu*, e o submundo dos mortos. Aparentemente eles acreditavam que a Terra era plana e circular e cercada pelos oceanos, além deles existiam montanhas intransponíveis que sustentavam a abóboda celeste, que era constituída de um metal muito forte e pesado.

Figura 6: Representação do universo babilônico¹³

Além das montanhas existiria um mar cósmico e ao norte delas existiria um túnel para o espaço exterior que também se ligaria a duas portas, uma no Oriente e outra no Ocidente, que eram usadas para explicar o movimento aparente do Sol, uma vez que eles acreditavam que ele surgia da porta oriental, viajava abaixo dos céus metálicos e, em seguida, saía pela porta ocidental, e passava as noites viajando através do túnel.

Embora tivessem toda habilidade com a astronomia, eles não construíram um modelo cosmogônico para tentar explicar os movimentos de outros objetos celestes, apesar disso, a cosmogonia babilônica era a mais elaborada da sua época, muito mais elaborada que a egípcia.

¹³ Figura retirada do site

http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap7-historia/astrologia-antiga/mesopotamia/mesopotamia.html

4.1.3. Cosmogonia Egípcia

Ao contrário do que muitos pensam, os antigos egípcios não tinham uma astronomia muito bem desenvolvida em comparação com os babilônios, o estudo dos céus tinha objetivos práticos, como para elaborar um calendário eficiente, para prever a cheia do rio Nilo e para fins religiosos. O calendário egípcio tinha um ano de exatamente 365 dias e foi usado por muitos anos, mas como sabemos hoje o ano tropical¹⁴ tem exatamente 365,2422 dias solares médios, ou 365d 5h 48m 46s (Oliveira, 2004, pg. 29), essa diferença acarretou muitos erros no calendário egípcio, depois de 730 anos foi anunciada a chegada do verão no início do inverno.

Mito de Criação

Não existe um mito único ou uma cosmogonia que descreva como os egípcios entendiam o universo, mas o mito mais interessante, diz que tudo se originou de *Nu*, uma espécie de água primitiva de onde nasce o principal deus da mitologia egípcia *Rá*, o deus Sol, que logo depois do seu surgimento concebe *Shu*, deus do ar, e *Tefnut*, deusa da umidade. Estes dão origem a outro par de deuses *Geb*, deus da terra, e *Nut*, deusa da noite, que tiveram mais dois casais de filhos *Osíris*, *Ísis*, *Seth* e *Néftis* (Livro dos Mortos).

A criação do céu e da Terra acontece quando a deusa da noite, *Nut*, abraçada com seu marido, o deus da terra, *Geb*, são separados por seu pai o deus *Shu*. Assim, *Nut* é erguida até o alto para formar o céu, e em seguida ele prende *Geb* em baixo formando a Terra. *Nut* é sustentada pelos braços de *Shu* e ambos são sustentados por *Geb*, que desde essa época está vestido de verde e gerações de animais ainda prosperam em suas costas (Livro dos Mortos).

¹⁴ Um Ano Tropical é o período compreendido entre duas passagens consecutivas pelo equinócio de outono, existem outras definições de ano, como por exemplo, em relação às estrelas que é conhecido como Ano Sideral.

Figura 7: MC do mito de criação egípcio

Modelo de Mundo

Os egípcios acreditavam que a Terra tinha forma retangular, que se estendia de norte a sul, tendo o Nilo como seu centro. O céu era como um telhado sobre o mundo sustentado por colunas colocadas nos quatro pontos cardeais (Morais, 2009, pg. 20). Para explicar o movimento aparente do Sol eles imaginavam que no sul havia um rio no céu, apoiado por montanhas e sobre este rio o deus do sol, *Rá*, “viaja diariamente em seu barco” (Kuhn, 2002, pg. 23). Já as estrelas eram suspensas no céu por cabos fortes, mas nenhuma explicação aparente foi dada para os seus movimentos.

Figura 8: Representação do mundo egípcio¹⁵

4.1.4. Cosmogonia Hindu

A Astronomia indiana tem um aspecto histórico muito respeitável, tanto observacional como teórica. A fonte mais antiga da história indiana está no livro sagrado hindu *Rig Veda*; estudos da área indicam que esse livro possivelmente seja anterior a 3110 A.C. Nesse livro já existem referências astronômicas que recorrem a eventos ocorridos no terceiro ou quarto milênio. Muitos séculos mais tarde esse povo foi influenciado pelo pensamento grego, e ficou muito interessado no seu método científico. Aryabhata, um astrônomo nascido em 476 D.C., desenvolveu um modelo de universo com base no modelo de Ptolomeu, mas em sua descrição do universo ele usou epiciclos que não tinham tamanhos fixos, e a rotação do céu noturno e

¹⁵ Figura retirada de do site <http://www.ghct.usp.br/server/Sites-HF/Laura-Rigolo/deuses.html>

do Sol era resultado da rotação da Terra. Outro aspecto importante da cultura indiana foi o desenvolvimento avançado da matemática que incluiu o zero no sistema numérico (Gourdon, 2011).

Mito de Criação

O mito de criação dos hindus é descrito pelos cantos do livro sagrado *Rig Veda*, que é de uma coleção de hinos sobre mitos, rituais e lições, composto por volta do século X A.C. (Martins, 2012). Através dos hinos podemos identificar quatro cosmogonias (Morais, 2009, pg. 35), sendo que a mais famosa está no canto CXXIX do décimo livro.

1. ENTÃO nada existia: não houve predominância de ar, não tinha céu a frente.

O que foi abrangido, e onde? E o que forneceu abrigo? Havia água, profundidade de água insondável?

2. A morte não foi mais que, nem havia qualquer coisa imortal: não havia nenhum sinal divisor de dia e noite.

Aquela coisa, sem fôlego, respirou por sua própria natureza: além de que não era nada de mais.

3. Existia escuridão: em primeiro lugar escondida nas trevas, isso tudo era um caos indiscriminado.

Tudo o que existia então era nulo e sem forma: pelo grande poder do Calor nasceu esta Unidade.

4. Depois disso surgiu o Desejo, no começo, o Desejo, a semente primordial e o germe do Espírito.

Sages que pesquisou com seu mais profundo pensamento descobriu o parentesco do existente no inexistente.

5. Transversalmente foi sua linha de corte estendida: o que estava acima e abaixo disso?

Havia progenitores, haviam forças poderosas, movimento livre aqui e energia lá em cima

6. Quem sabe, na verdade, e quem pode declará-lo aqui, onde ele nasceu e de onde vem essa criação?

Os Deuses estão mais atrasados do que a produção deste mundo. Quem sabe, então de onde veio sua existência pela primeira?

7. Ele, a primeira origem desta criação, completamente formado ou não,

Cujos olhos controlam este mundo no mais alto dos céus, ele, na verdade, sabe disso ou não. (Rig Veda, X 129, tradução livre)

Figura 9: Brahma, Vishnu, Shiva, deuses da criação hindu¹⁶

De maneira semelhante ao mito maia, para os hindus o universo era cíclico, passando por períodos de criação e destruição, tendo assim um caráter eterno. Segundo esse mito, tudo acontece durante um dia e uma noite na vida de *Brahma*, sendo que um *kalpa* representa um dia em sua vida. No final do dia de *Brahma*, o deus da criação, o universo é destruído e recriado pela dança de *Shiva*, que traz em sua mão esquerda uma chama para destruir o mundo e na direita um tambor para anunciar a criação. E assim o dia começa com *Brahma* recriando o universo.

¹⁶ Figura retirada do site <http://swamishivapadananda.typepad.com/.a/6a00d83451c22e69e20133f2fcc80f970b-popup>

Figura 10: MC do mito de criação hindu¹⁷

¹⁷ Este mapa conceitual não apresenta o conceito inicial “NO INÍCIO”, como os demais mitos apresentados, pelo simples fato do mito hindu considerar o universo eterno e cíclico, não tendo assim um início definido.

Modelo de Mundo

Para esse povo o universo seria dividido em três partes, a superior destinada aos deuses, a intermediária era a Terra e a inferior era a região infernal. A Terra era chamada por eles de *Monte Meru*, que faria a ligação com as outras duas regiões. No topo do *Monte Meru* estava o triângulo, o símbolo da criação, e as estrelas giravam em volta da Terra, que era transportada junto com as regiões infernais por uma tartaruga, símbolo da força e poder criativo. Por sua vez, a tartaruga repousava sobre a grande serpente, que é o emblema da eternidade.

Figura 11: Representação do universo hindu¹⁸

4.1.5. Cosmogonia Chinesa

Os chineses tinham uma longa tradição em observações astronômicas, com registros que voltam até o século IX A.C. Eles diferenciavam estrelas de planetas, uma vez que tinham percebido o movimento errático desses corpos celestes, observaram os eclipses solares e até mesmo explosões de supernovas (Kantor, 2012, pg. 87), a mais conhecida foi a que ocorreu em 1054 A.C. Segundo registros, a *estrela visitante*¹⁹ atingiu um brilho intenso o suficiente

¹⁸ Figura retirada do site <http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-5-historia-da-epistemologia-2.html>

¹⁹ Os chineses usavam esse termo para denominar objetos celestes que apareciam no céu, como a explosão de uma supernova, ou até mesmo o cometa Halley.

para ser visível durante o dia por alguns dias. Hoje sabemos que essa explosão deu origem à nebulosa do Caranguejo.

Mito de Criação

Para explicar a criação do universo o mito diz que no início existia uma nuvem em forma de ovo, e os céus e a terra eram um só. O primeiro ser a existir foi *Pan Ku*, que dará origem ao universo. Segundo esse mito *Pan ku*, o ser primordial, estava dentro de um ovo cósmico, que era tudo que existia, envolto por *Yin e Yang*. O *yang* representa o princípio claro, masculino ou ativo, quente, seco, benéfico e positivo, enquanto *yin* representa o escuro, feminino, passivo, frio, úmido, maligno e negativo (Campbell, 2004, pg. 28).

Ao nascer *Pan ku* quebra o ovo cósmico e separa os céus e a terra fazendo com que a porção mais leve (*Yin*) se deslocasse para cima, e a mais pesada para baixo (*Yang*), gerando assim a terra e o firmamento²⁰. Quando *Pan ku* morreu seu corpo deu origem a montanhas, rios, vegetação e tudo mais.

²⁰ Apesar de no mito ser descrito que o ser mítico *Pan ku* separa *yang* e o *yin*, entretanto na concepção chinesa eles não podem ser separados, estão presentes em todas as coisas, funcionando juntos, em constante interação. (Campbel, 2004, pg. 28)

Figura 12: MC do mito de criação chinês

Modelo de Mundo

Os chineses acreditavam que um tipo de vento ou vapor sustenta todos os objetos celestes que eles observavam, e que um arrasto viscoso gerado pela Terra fazia o Sol e a Lua se movimentarem no sentido contrário. Além disso, eles dividiam o céu em nove níveis, sendo que cada um deles era separado por um portão, que era guardado por um animal. O último nível era o "Palácio da Tenuidade Púrpura", onde moraria o Imperador do Céu, que hoje conhecemos como ursa maior.

Figura 13: *Pan ku* envolto por *Yin* e *Yang* no ovo cósmico²¹

4.1.6. Cosmogonia Grega

A Grécia, considerada o berço da ciência e do pensamento racional, também abrigou seus mitos e lendas que por muitos anos eram os responsáveis por passar ensinamentos aos gregos. A mitologia grega é apresentada na bela obra de Hesíodo, “*A Teogonia*”. Estudiosos acreditam que ela seja mais antiga que o surgimento das *polis* e da moeda grega, sendo assim, ela é possivelmente anterior ao século VIII A.C., uma vez que essas invenções provavelmente surgiram entre os séculos VIII e VII A.C. (Torrano, 1995, pg 10). A Teogonia foi escrita em versos, linguagem poética, que naquela sociedade agrícola e pastoril, possibilitava ao homem comum conhecer fatos e acontecimentos de um mundo, que geralmente não estava acessível a esses indivíduos.

²¹ Figura retirada do site <http://www.minhachina.com/lendas/arteLendaOrigem.htm>

Mito de Criação

Assim como em outros mitos de criação, o mito dos gregos também trazia a ideia de que no início existia apenas o *Caos*, que precede tudo, até mesmo aos deuses (Vernant, 2000, pg. 18). E é dele que nasce tudo que conhecemos, nesse mito em um primeiro momento nasce *Gaia* (Terra), *Tártaro* (submundo), *Eros* (amor), *Erebus* (o conceito de masculino) e *Nyx* (noite), os chamados descendentes do *Caos*. (Torrano, 1995, pg. 51).

Figura 14: a) Prometeu observando Atena dar alma ao homem.

b) Prometeu roubando a chama de Zeus²²

A partir desse momento nada mais nasce do *Caos*, e todas as coisas vão surgindo de seus descendentes. *Gaia* gera sozinha *Oreas* (montanhas), *Pontos* (mar) e *Uranos* (céu) (Vernant, 2000, pg. 19). *Nyx* e *Erebus* geram diversos filhos, sendo alguns deles: *Éter* (ar), *Hemera* (dia), *Tânatos* (morte). E dessa forma os deuses e objetos vão sendo criados, seja a partir de relações amorosas ou de geração individual, como no caso de *Gaia*, que depois de sua criação assexuada, casa-se com *Urano*, com quem tem vários filhos, os *Titãs*, as *Titânidas*, os *Ciclopes* e os *Hecatonquiros*. Dos quais o mais importante, é *Crono*, um dos *Titãs*, que castra seu pai e o derrota, tomando assim a liderança.

²² Obras de Christian Griepenkerl (1839-1912).

Então, Urano se deita sobre ela. Terra e Céu constituem dois planos superpostos do universo, um chão e uma abóbada, um embaixo e um em cima, que se cobrem completamente [...] Urano está o tempo todo deitando-se sobre Gaia [...] que acaba grávida de uma série de filhos [...] (Vernant, 2000, pg. 21)

Crono se casa com *Rheia*, e continuam a criar deuses, mas uma peculiaridade importante é que *Crono* devorava cada um de seus filhos ao nascerem, uma vez que ele receava que algum deles o derrotasse, assim como ele derrotou seu pai. Mas, como uma mãe desesperada, *Rheia*, ao ter seu último filho, resolve não entregá-lo a *Crono*, então para enganá-lo ela lhe entrega uma pedra. Esse bebê, sobrevivente do pai devorador, é *Zeus*, o deus mais importante dessa mitologia. Em sua primeira ação soberana, ele abre a barriga do pai e resgata seus irmãos, que depois de salvos travam juntamente com *Zeus* uma batalha contra os *Titãs*, que dominavam o mundo. Os filhos de *Crono* vencem a batalha, *Zeus* como soberano divide o mundo em três, assim, seu irmão *Hades* ganha o capacete da invisibilidade e o governo do *Tártaro*, seu outro irmão *Poseidon* ganha um tridente e o governo do mar e *Zeus* ganha como arma o raio e se torna senhor de todos os deuses.

Segundo esse mito de criação, os humanos são criados por *Prometeu*, um *Titã*, que usa a argila para realizar sua criação, mas para dar vida aos homens ele conta com a ajuda da deusa *Atenas*. Os homens aprendem com *Prometeu* as coisas do mundo, mas ele percebe que faltava nos homens o domínio sobre o fogo, então ele pega o fogo de *Zeus* e dá aos humanos que assim podem se desenvolver. Este mito de criação foi apresentado de maneira bastante simplificada, uma vez que ele contém centenas de deuses e figuras míticas que vão aparecendo ao longo da história. Por isso, sintetizamos de maneira que pudéssemos captar o principal sobre o mito de criação desse povo. Abaixo o MC que representa sinteticamente o mito grego de criação.

Figura 15: MC do mito de criação grego

Modelo de Mundo

Segundo os gregos antigos abaixo de tudo existia o *Tártaro*, que sustentava *Gaia* envolta pelo *Éter* e circundada pelo *Pontos*. O movimento do Sol era explicado pela passagem de Apolo com sua carruagem puxada por cavalos levando o Sol (Ramos, 2005, pg.83). E os terremotos eram causados por *Poseidon* e seu tridente. A figura abaixo é uma representação simplificada do modelo de mundo dos gregos antigos.

Figura 16: Representação do mundo grego²³

4.1.7. Semelhanças entre os mitos

Como dito anteriormente, os mitos de criação apresentados são semelhantes em vários pontos. Quando analisamos cada mito separadamente essas semelhanças são de difícil percepção, e esse foi um dos motivos por termos elaborado MCs de cada um dos mitos, pois eles nos dão uma visão geral do objeto em estudo além de ser uma ferramenta importante na aprendizagem. Assim, esses mitos podem ser apresentados aos alunos no formato de MC ou o professor pode pedir para que os próprios alunos construam um, sendo que está tem um maior potencial para promover a aprendizagem significativa entre os educandos.

Analisando os mitos conseguimos perceber por meio dos MCs alguns elementos míticos que, se não são idênticos, são muito semelhantes, como o diagrama abaixo sintetiza esses dados:

²³ Essa figura foi adaptada de <http://herculeseseus12trabalhos.wordpress.com/category/4-cosmogonia-a-criacao-do-universo-hesiodo/>

Figura 17: Relações entre os mitos e seus elementos semelhantes

A existência da escuridão e do caos primordial é o elemento que mais se repete em nosso quadro de semelhanças, entretanto é natural a associação desses termos para a origem do universo, já que eles remetem ao desconhecido, ao incontrolável. Assim, esses elementos refletem a nossa inconsciência daquele momento inicial, que é superada pela criação, que organiza o caos e traz luz ao que era desconhecido.

A referência à água e ao barro nesses mitos, também pode ser compreendida pelo simples fato de que apesar de serem civilizações diferentes, e às vezes separadas por enormes distâncias geográficas e pelo tempo, a água e o barro (terra) têm uma importância biológica, já que a água é fundamental à vida e ainda serve como instrumento de limpeza, purificação, e a terra é a nossa fonte de alimentação, sendo assim, não é estranho esses elementos se repetirem em diversos mitos.

Vale ressaltar que ao apresentarmos essas semelhanças não temos a pretensão de explicá-las, uma vez que nem mesmo os especialistas encontraram uma resposta para essas peculiaridades. Apesar disso, ressaltamos, de forma superficial, algumas possibilidades apontadas por alguns estudiosos, como:

- **Contato entre as civilizações:** alguns especialistas acreditam que um possível contato entre os povos que viviam próximos, como os egípcios, babilônios e gregos,

possibilitou uma troca de elementos culturais. Porém, entre povos separados por uma região geográfica muito grande essa troca não parece ter sido possível.

- **Origem comum:** é possível que esses povos tenham origem comum muito antiga como, por exemplo, entre os gregos e os hindus. Por isso essas culturas teriam herdado tais elementos semelhantes. Mas obviamente isso não se aplica quando pensamos no mito maia e no chinês.
- **Memória coletiva:** Carl Jung propõe a ideia de memória coletiva, que todos os seres humanos herdariam geneticamente. (Martins, 2012, pg. 12). Ou seja, cada indivíduo teria uma camada mais superficial do inconsciente que é sem dúvida uma construção pessoal, porém abaixo dessa camada teríamos o *inconsciente coletivo*, inato, e assim idêntico em todos (Jung, 2000). Assim, as semelhanças entre os mitos teriam origem na memória coletiva.

Entretanto, nenhuma dessas explicações tem unanimidade na comunidade científica, na verdade existem aqueles que nem acreditam que essas semelhanças de fato existam, mas que na verdade o problema está mais na fidedignidade dos livros sagrados, ou apenas em uma possível coincidência, ou até mesmo na pareidolia a que nós seres humanos estamos sujeitos.

- **A fidedignidade dos livros sagrados:** existe a possibilidade de que à versão que hoje conhecemos dos mitos antigos não seja fiel a versão original, já que a tradução do texto pode ter sido contaminada com interpretações pessoais e elementos culturais dos tradutores, por exemplo, o livro sagrado dos maias, *Popol Vuh*, foi traduzido por um padre espanhol.
- **Apenas coincidências:** apesar de estarmos discutindo as semelhanças entre os mitos, vale ressaltar que existem muito mais diferenças do que pontos comuns, sendo assim, esses detalhes podem não passar de uma coincidência.
- **A pareidolia:** todos nós, seres humanos, estamos sujeitos a um fenômeno psicológico conhecido como pareidolia, que nos torna hábeis, por exemplo, a encontrar feições humanas em figuras e objetos que nada têm de humano, um exemplo muito famoso é a face humana em Marte (Sagan, 2006, pg. 73). Desta forma, assim como temos facilidade em reconhecer feições humanas, também teríamos a tendência em reconhecer padrões onde eles não existem, ou seja, “vemos o que queremos ver”.

Desta forma, esses elementos possivelmente são semelhantes por que eles são comuns e importantes para todas as sociedades. Mas, deixando de lado os problemas que envolvem essas semelhanças, entendemos que o professor pode problematizar o tema em aula, sem tomar partido de algum lado, mas sim dialogar com os alunos sobre os mitos, suas semelhanças, gerando assim uma atmosfera de aprendizagem e de pensar crítico, onde alunos e professor podem contribuir com suas opiniões sobre a polêmica, desenvolvendo a habilidade de argumentação.

4.2. A astronomia clássica e modelos cosmológicos filosóficos

Neste subcapítulo apresentamos de forma breve, alguns aspectos do desenvolvimento da astronomia clássica, desde as ideias dos filósofos pré-socráticos até o modelo heliocêntrico, dando mais destaque aos modelos aristotélico-ptolomaico e copernicano, haja vista a sua importância no desenvolvimento da nossa concepção do universo. Além disso, abordamos os modelos cosmológicos com um viés filosófico de René Descartes e Immanuel Kant, assim como suas semelhanças.

Neste longo período filosófico, os grandes pensadores não se dedicaram muito para elaborar explicação para a origem do universo, já que aparentemente os mitos respondiam a essa questão. Com reação a isso nota-se que em um primeiro momento a filosofia tinha duas vertentes, uma mais voltada ao pensamento lógico e outra à interpretação dos mitos (Martins, 2012, pg. 57). Filósofos como Heráclito e Platão tentavam entender a origem do universo através de mitos, desta forma, durante o período filosófico clássico não temos a elaboração de modelos cosmológicos mais racionais. Os mais complexos surgem muito tempo depois com Descartes e Kant.

4.2.1. Pensamento mítico X Pensamento filosófico

Como citado anteriormente o pensamento mítico foi de extrema importância para o desenvolvimento da sociedade e consequentemente da ciência. Mas em um determinado momento esse tipo de pensamento baseado no sobrenatural, no mistério, no sagrado não satisfazia mais aos homens, e assim, na Grécia, por volta do século VI A.C., nasce o pensamento filosófico crítico que, diferentemente do pensamento filosófico mítico, procura

explicar o universo à nossa volta por meio de um pensamento mais racional, mas ainda fazendo uso de menos elementos mágicos.

Mas nem sempre o pensamento filosófico crítico estava totalmente desvinculado do mítico, em um primeiro momento o pensamento filosófico crítico era uma reflexão sobre os próprios mitos (Martins, 2012, pg. 57). Desta forma essa nova maneira de pensar não substituiu completamente o pensar mítico, até mesmo porque muitos mitos ainda vivem em nossa sociedade atual. Assim, esse não foi um período de substituição do pensar mítico pelo crítico, mas na verdade foi um período onde nascia mais uma nova forma de pensar.

Diferentemente da filosofia mítica a filosofia crítica começa a se fundamentar, a se questionar, a pensar criticamente. Na primeira metade do século XIX, Augusto Comte, apresenta a lei dos três estados da razão humana, onde ele afirma que para explicar aquilo que o cerca o pensamento do homem passou por três estados, o mítico, o metafísico e o científico (positivo). Para Comte a passagem de um tipo de pensamento para outro se caracterizava por uma evolução, sendo assim a ciência seria o ápice do pensamento humano. Ou seja, em um primeiro momento a única maneira razoável que o homem encontrou de representar o mundo a sua volta foi por meio de figuras mitológicas, posteriormente fomos capazes de explicar o mundo mais criticamente por meio da filosofia grega, e por fim alcançou o auge de um pensar totalmente racional científico.

Apesar disso, esses pensamentos não se anulam, mas na verdade se complementam, já que qualitativamente são conhecimentos diferentes, e apesar do pensamento científico ser considerado o ápice não podemos negar a importância da filosofia grega e nem mesmo da mitologia.

Enquanto o pensamento mítico aparentemente surgiu em todas as sociedades antigas de que temos conhecimento, o pensamento filosófico crítico foi mais tímido e aparentemente se concentrou em poucos lugares do mundo, como na Grécia e na Índia, numa tentativa de dar uma explicação mais racional aos fenômenos naturais observados.

4.2.2. Os primeiros filósofos

Bertrand Russell (1872-1970), um importante matemático e influente filósofo, afirmava que a filosofia surgiu na Grécia e que Tales de Mileto (624-546 A.C.) poderia ser

considerado o primeiro filósofo. É creditada também a Tales a primeira tentativa de elaborar uma cosmologia que substituísse a cosmogonia de sua época. Para ele todas as coisas deveriam ter um elemento gerador comum, que acreditava ser a água, constituinte de todas as coisas. Anaximandro (611-546 a.C), filósofo contemporâneo a Tales, discordava das ideias de Tales, pois não acreditava que a água era a substância que gerava todas as coisas, para ele tudo era proveniente do *Apeiron*, o indefinido. Dessa forma, Anaximandro se diferencia de Tales, pois ele partiu para o pensamento abstrato, imaginando uma substância desconhecida, neutra, infinita e eterna que por transformação contínua, geraria todas as substâncias conhecidas.

Igualmente a esses dois filósofos, Anaxímenes (588-524 A.C.) também acreditava em uma substância única geradora de tudo, que para ele era o ar, uma vez que ele era essencial para todos os seres vivos, já que eles respiram. Dessa forma uma série de filósofos gregos tentou explicar o universo sem fazer uso de figuras mágicas (Russell, 1967, pg. 5-33).

4.2.3. Cosmologia Aristotélica-Ptolomaica

Um importante filósofo grego de período bem posterior, Aristóteles (384 – 322 A.C.) nasceu em uma colônia no reino da Macedônia. Filho de médico foi privilegiado, pois ainda jovem foi para a Academia de Platão (427-347 A.C.) em Atenas, onde primeiramente foi discípulo e posteriormente mestre.

Considerando que a ideia de Terra esférica já havia surgido com os Pitagóricos e também era adotada por Platão, seu mestre, Aristóteles foi possivelmente o primeiro filósofo a argumentar racionalmente a favor de tal esfericidade e ele apresentou três argumentos simples e bastante razoáveis (Martins, 2012, pg. 89). O primeiro seria o fato de ao observarmos um navio se afastando no oceano, podemos ver o navio desaparecer no horizonte de baixo para cima, o que indicaria a curvatura da Terra; o segundo argumento seria o fato das estrelas observadas no hemisfério sul não serem as mesmas observadas no hemisfério norte, assim conforme andamos sobre a superfície da Terra vemos estrelas diferentes, o que não faria sentido em uma Terra plana; e o último argumento de Aristóteles era o fato de a Terra projetar uma sombra redonda na Lua durante um eclipse lunar, apesar de não vermos a sombra inteira da Terra podemos observá-la parcialmente, e ela é sempre redonda, o que também sugere o formato da Terra (Kuhn, 2002, pg. 45; Martins, 2012, pg. 90).

Essa talvez tenha sido uma das maiores revoluções do pensamento humano, uma vez que teve uma importante aplicação prática para a navegação, que antes era limitada, pois se acreditava que ao final do oceano haveria um abismo eterno. Dessa forma com a Terra redonda, podia-se navegar, atravessar o oceano e chegar ao outro lado do planeta. (Martins, 2012, pg. 91)

Juntamente com a concepção de Terra redonda, outros problemas surgiriam como explicar onde a Terra está apoiada? Como as pessoas que estão no outro hemisfério de cabeça para baixo, não caem? São essas perguntas que Aristóteles se propõe a responder e, estudando o movimento das coisas, ele conclui que existia uma tendência natural de o que era pesado ficar com o que era pesado e do que era leve ficar com o que era leve. Sendo assim, água e terra, e tudo que deles provinham, caíam em direção ao centro do universo e o fogo e o ar se afastavam desse centro. Assim, a Terra não caía simplesmente porque tudo que tinha massa no universo era atraído para o centro da Terra, coincidentemente com o centro do universo, o que formava um aglomerado de massa, dessa forma grosseiramente esférica, que estava presa nesse centro (Kuhn, 2002, pg. 46; Martins, 2012, pg. 92). Desta forma, a Terra esférica estava parada nesse centro de substâncias pesadas, ou seja, no centro de um universo geocêntrico.

Figura 18: Representação do universo aristotélico²⁴

²⁴ Figura adaptada de Kuhn, 2002, pg. 69.

O modelo de mundo Aristotélico afirmava que da superfície da Terra até as proximidades da Lua o espaço era preenchido pela atmosfera e que depois existiam esferas, onde a Lua e os planetas eram fixos, preenchidas pelo *Éter* que se estendia até a esfera das estrelas fixas, onde seria a fronteira do universo. Essa necessidade de preencher o espaço vem da ideia da inexistência do vazio. Segundo Aristóteles, no momento da criação, o primeiro motor, foi o responsável para colocar *os céus em perfeito e perpétuo movimento, o Sol, a Lua, planetas e estrelas afixados no interior de oito esferas cristalinas girando em torno da terra, seu centro* (Smoot, 1995, pg. 12).

Claudio Ptolomeu, que viveu no século II D.C., considerado o decano dos astrônomos (Kuhn, 2002, pg. 66), partiu do modelo aristotélico para desenvolver o que hoje conhecemos como *astronomia ptolomaica*, que substituiu seus antecessores, perdurou como teoria dominante até o século XVII e deu base para que Nicolau Copérnico, muito mais tarde, moldasse um novo modelo de mundo (Kuhn, 2002, pg. 82). Ptolomeu organizou as ideias de Aristóteles, elaborou uma matemática que representava bem o modelo geocêntrico e, por meio de seus cálculos, era possível fazer previsões sobre as posições dos astros com bastante precisão.

Por meio do uso da observação e da matemática Ptolomeu começa a explicar cientificamente o movimento dos corpos celestes. Ele, e outros matemáticos e astrônomos que viveram nos séculos anteriores perceberam que havia um problema com o modelo aristotélico, já que ele sugeria que todos os astros celestes se moviam em órbitas circulares ao redor da Terra, o que não concordava com a observação, já que os planetas não avançam sempre na mesma direção como o Sol e as estrelas, pois ora avançam, ora ficam estacionários e ora retrocedem. Assim a Terra não seria exatamente o centro onde os astros celestes giram.

Para explicar com mais precisão esses movimentos os astrônomos e matemáticos colocaram a Terra um pouco deslocada do centro, desta forma ocorria um sistema excêntrico, assim a Lua, o Sol e os planetas teriam momentos de maior proximidade com a terra (perigeu), e de menor proximidade (apogeu). Desta forma o ponto P circularia quase regularmente em volta do centro C, mas para explicar o movimento observado dos planetas, que se movimentam de forma irregular, diferentemente das estrelas e do Sol, eles não podiam estar situados em simplesmente P. Dessas constatações construíram um modelo geométrico que envolvia vários movimentos circulares acoplados, como mostra a figura abaixo:

Figura 19 - Representação do movimento de um planeta no modelo ptolomaico²⁵

A figura acima representa, de forma simples, o modelo ptolomaico, onde a órbita (vermelho) circular de um planeta em torno do ponto P era chamada de *Epiciclo*, e a órbita (azul) do ponto P ao redor do centro C era o *Deferente*.

Figura 20: O movimento em forma de laçada explicado pelo modelo dos epiciclos²⁶

²⁵Essa figura foi retirada do site http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_copernico.htm

²⁶Movimento gerado por um epiciclo e deferente quando o epiciclo gira ligeiramente mais do que três vezes em cada revolução do deferente. O trajeto do planeta durante uma viagem completa através das estrelas é mostrado em (a). Esta viagem requer mais do que uma revolução do deferente, como indica em (b), que mostra a posição do planeta no início (P) e no fim (P') da primeira revolução completa do deferente. O diagrama (c) mostra a

O modelo de Ptolomeu explicava razoavelmente bem o que era observado, apesar de algumas discrepâncias, ele foi aceito como teoria dominante por muitos séculos, até que Copérnico, baseado neste modelo, desenvolveu uma nova maneira de interpretar o universo.

4.2.4. Cosmologia Heliocêntrica

No modelo heliocêntrico a Terra não teria mais uma posição central²⁷, e estática, no universo como se acreditava desde os antigos filósofos. Apesar de revolucionária, essa ideia não foi proposta pela primeira vez por Nicolau Copérnico, na verdade alguns filósofos antigos já defendiam algo que se assemelhava, em parte, com essa visão. Dos pitagóricos, temos Filolau, séc. V A.C., que supunha que o centro do universo era ocupado por um fogo central orbitado pela Terra, desta forma pontos importantes do heliocentrismo como a Terra que se move fora de um ponto central, já havia sido cogitado muitos séculos antes (Martins, 1990, pg. 73).

Figura 21: Modelo do fogo central

posição do planeta no início e no fim de uma posterior revolução do deferente, a que leva o planeta mais do que uma vez à volta da eclíptica (Kuhn, 2002, pg. 79).

²⁷ No modelo ptolomaico a Terra não ocupava exatamente o centro, como mostramos na figura 19, mas ainda assim tinha uma posição central no universo.

O modelo dos pitagóricos ficou conhecido como Modelo do Fogo Central em que a Terra e todos os outros astros celestes orbitavam esse pelo fogo central²⁸, entretanto não poderíamos ver tal fogo porque um objeto celeste, chamado de contra-Terra, bloqueava nossa visão. Neste modelo a Terra teria tanto movimento de translação, ao redor do fogo central, como movimento de rotação, em torno do seu próprio eixo, mas esses movimentos estariam sincronizados de tal forma que a Terra sempre teria a mesma face virada para o fogo central (Martins, 1990, pg. 74), assim como a Lua sempre nos aparece com a mesma face.

O primeiro modelo que podemos chamar de Heliocêntrico foi proposto por Aristarco de Samos, séc. III A.C. Diferentemente de Aristóteles, ele propôs um modelo Heliocêntrico para explicar o universo, e isso aconteceu porque ele calculou as primeiras medidas de distâncias Terra-Sol, e bastou conhecer essas distâncias para estimar o tamanho real do Sol. Assim, Aristarco estudando a relação entre as distâncias percebeu que a Terra era muito menor que o Sol. Através desses dados ele elabora o primeiro modelo cosmológico heliocêntrico, uma vez que para ele o mais sensato era o Sol estar no centro do universo, com a Terra girando ao seu redor, já que ele era muito maior.

Mas essa teoria heliocêntrica, como suas antecessoras menos elaboradas, não sobreviveu ao modelo aristotélico, que continuou sendo aceito por todos os estudiosos da época, em detrimento do primeiro modelo heliocêntrico. E isso principalmente porque a Teoria geocêntrica respondia com certa objetividade a quase todas as perguntas da época. E de fato a teoria geocêntrica é muito mais natural, uma vez que nossa observação do universo é geocêntrica, afinal, não sentimos o movimento da Terra! Possivelmente por isso, e pela bela e elegante apresentação da astronomia grega presente no *Almagesto* de Ptolomeu essa ideia tenha perdurado por cerca de dois mil anos. Além disso, outro motivo contribuiu em muito para a Terra fosse deixada no centro do universo, a religiosidade.

O conflito com outros valores pode constituir uma barreira para o conhecimento científico. Durante séculos, objeções de natureza religiosa resistiram a que se descrevesse a Terra como um planeta circunavegando a estrela Sol, pois isto corresponderia a tirar a Terra do centro do universo e, com ela, nós criaturas de Deus, seríamos desprestigiados. (Menezes, 2005, pg.10)

Apesar da autoridade imposta pelo Geocentrismo, Copérnico deu uma enorme contribuição à ciência, pois ele com seu pensamento revolucionário conseguiu [...] *tirar a*

²⁸ Vale ressaltar que o fogo central não representa o Sol, mesmo porque este também o orbitava.

Terra do centro do universo e colocá-la em movimento em torno do Sol (Martins, 1990, pg.78). Apesar dessa visão do universo não ser nada intuitiva.

Copérnico não observou jamais, nem poderia ter observado, que é a Terra que gira em torno do Sol e não o contrário. Nossas observações são geocêntricas. (Martins,1990, pg. 78).

Certamente o episódio que envolve a transição da visão geocêntrica para a heliocêntrica foi um dos momentos mais importantes para a ciência, justamente pela sua riqueza histórica, filosófica e cultural (Kuhn, 2002, pg.19). Uma vez que, apesar de sabermos que o movimento aparente dos objetos celestes é causado pela rotação da Terra, a explicação geocêntrica para tais fenômenos seria igualmente plausível. Analisando apenas o movimento dos corpos celestes as duas interpretações são equivalentes:

Sob o ponto de vista puramente visual ou cinemático, as duas descrições são idênticas: é equivalente, sob esse ponto de vista, afirmar que A gira em torno de B, que está parado, ou que B gira em torno do seu eixo e A está parado. (Martins, 1990, pg. 29).

Apesar disso, muitas vezes as ideias geocêntricas são apontadas como absurdas, e consideradas menos elaboradas que as ideias heliocêntricas. Isso provavelmente ocorre porque fomos educados dentro da tradição científica pós-copernicana o que se reflete fortemente no ensino de astronomia, onde geralmente é apresentada, ou como diria Freire depositada nos alunos, a visão heliocêntrica em detrimento da geocêntrica, que podemos denominar de invasão cultural (Freire 1983 e 1987). Sem levar em consideração que o heliocentrismo possivelmente não teria nascido sem antes ser precedido pelo geocentrismo, *Cada nova teoria científica conserva o âmago do conhecimento fornecido pelas suas predecessoras e acrescenta-o.* (Kuhn, 2002, pg. 20).

Não se pense que Copérnico substituiu por sua teoria científica uma proposta idiota de um astrônomo obtuso. A proposta de Ptolomeu é ciência, do mais alto nível. (Martins, 1990, pg. 65)

Dessa forma, a transição do geocentrismo para o heliocentrismo não foi tão simples como costuma ser apresentado aos alunos de ensino médio, pois Copérnico, em um primeiro

momento, não conseguiu instituir sua teoria, na verdade ele possibilitou uma nova maneira de pensar entre os astrônomos e filósofos, que antes carregavam o “fardo” do geocentrismo²⁹.

Copérnico (1473-1543) criticou o modelo Ptolomaico, pois não acreditava na sua capacidade em descrever o movimento dos astros celestes, então ele propõe a teoria heliocêntrica, inspirado no modelo de Aristarco, mas se apropria de muitos elementos do geocentrismo como, por exemplo, a ideia dos orbes encaixadas girando uma dentro da outra e os excêntricos e outros elementos utilizados por Ptolomeu. Em seus estudos ele calculou as distâncias dos planetas e colocou cada um em sua devida ordem, confirmada atualmente. Ele acreditava que o movimento dos astros deveria ser descrito através de formas circulares, que era a forma mais perfeita. Além disso, o modelo de Copérnico era excêntrico, pois o Sol estaria estático em uma posição quase central do universo, e ao seu redor estariam as orbes de Mercúrio, Vênus, Terra, que arrastava nosso satélite Lua, Marte, Júpiter, Saturno e, por fim, das estrelas, que ainda se encontravam fixas.

Figura 22 – A ordem dos planetas e seus períodos orbitais³⁰

Alguns estudiosos afirmavam que a teoria de Copérnico foi bem sucedida porque era mais simples que a Ptolomaica, “Mas essa simplicidade era ilusória.” (Martins, 1990, pg. 82),

²⁹ O modelo de universo geocêntrico foi de extrema importância para o desenvolvimento científico, além disso, ele estava baseado em um modelo matemático muito sólido. Desta forma, ao usar a palavra “fardo” não temos a intenção de menosprezar esse modelo, mas sim de considerar que sua imposição cultural e religiosa impossibilitava outras formas de pensar.

³⁰ Essa figura foi retirada de Martins, 1990, pg. 89.

uma vez que Ptolomeu usou quarenta círculos para representar seu universo enquanto Copérnico chegou a usar quarenta e oito.

4.2.5. Modelo cosmológico de René Descartes

Apesar de todos os pensamentos filosóficos e científicos sobre o universo que tentavam explicar o mundo que nos cerca, sem fazer uso de figuras sobrenaturais, ninguém ainda havia tentado explicar a origem do universo sem a figura de um criador divino, mesmo porque a concepção aceita era a bíblica, e não havia porque questioná-la. O primeiro filósofo a tentar seguir na direção contrária foi René Descartes (1596-1650) que, apesar de não abdicar da figura de Deus, mesmo porque era uma barreira quase intransponível, afirmou que Deus foi apenas o responsável por criar a matéria e o movimento, e a criação de todas as outras coisas foi graças a uma dinâmica natural.

A ideia de Deus tinha uma posição fundamental em seu sistema, dado que Deus havia criado a extensão e havia colocado movimento no universo. (Mason, 2001, pg. 59)

René Descartes deu um passo importante para a racionalidade quando o assunto era a gênese do universo porque, mesmo acreditando que Deus era o responsável por criar o primordial, a matéria e o movimento, ele já não atribuía a Deus a responsabilidade por colocar tudo em ordem, por criar os planetas, o Sol, as estrelas, e sim as leis da própria natureza.

[...] o que aconteceria, se Deus criasse agora, em algum lugar em um espaço imaginário, matéria suficiente para formar um novo mundo, e se Ele agitasse as diferentes porções dessa matéria de diversos modos, e sem qualquer ordem, de modo que resultasse um caos tão confuso quanto o que os poetas imaginaram; e concluísse o Seu trabalho simplesmente prestando seu auxílio à Natureza do modo usual, deixando que ela agisse de acordo com as leis que Ele estabeleceu. (Descartes citado por Martins, 2012, pg.99)

Desta forma Deus, apesar de desempenhar um papel menor na teoria de Descartes, ainda é fundamental, pois é ele quem inicia o processo. Para Descartes a matéria criada por Deus ocupava todo espaço de forma homogênea, assim ele negava a existência do vácuo (Koyré, 2006). A matéria inicial de Descartes era sólida e ocupava todos os lugares, ou seja, matéria seria idêntica ao espaço, assim *não há nada além de espaço e movimento* (Koyré,

2006, pg.91). E esse movimento inicia o processo de criação do universo como conhecemos hoje.

Para Descartes era possível explicar o funcionamento do universo usando a ideia de matéria e movimento, sendo assim, as leis da natureza seriam capazes de a partir do caos dar origem ao universo complexo que conhecemos hoje. Desta forma, ele explica que a matéria, que ocupava todo o espaço como um bloco sólido de cristal, entrou em movimento de rotação, dando origem a um grande turbilhão que esfacelou a matéria em partes menores, o pó que preenche todo o universo e hoje constitui as estrelas; as esferas pequenas que formariam o ar e o éter que preenchia todo o espaço; e as esferas grandes que ao invés de se transformarem em pó nas colisões dentro do turbilhão, apenas se arredondaram e hoje constituem os planetas e os cometas (Mason, 2001, pg. 63).

Descartes acredita que existiam diversos sistemas solares como o nosso e para explicar essa existência ele acreditava que no início não existia apenas um redemoinho, mas vários, sendo que cada um deu origem a uma estrela e posteriormente aos seus planetas.

Figura 23: Turbilhões de René Descartes³¹

³¹ Figura retirada de Mason, 2001, pg. 65.

Figura 24 - MC da origem do universo segundo René Descartes

Isaac Newton (1643-1727) sofreu influência das ideias cartesianas, mas rejeitava a teoria de Descartes, primeiramente porque este acreditava que os astros celestes se movimentavam através do segundo elemento, uma espécie de líquido, e esse movimento acontecia por causa dos redemoinhos. Já Newton entendia que os corpos celestes estavam em um espaço vazio, “o vácuo”, e seu movimento era de origem inercial, então para refutar definitivamente a teoria de Descartes, Newton realiza um estudo matemático sobre esse sistema onde fica clara sua impossibilidade. Apesar de não concordar com a teoria de René Descartes, Newton não tenta entender a origem do universo e nem realiza uma cosmologia para tentar explicar a totalidade do universo (Martins, 2012, pg. 105). Assim, nenhuma outra explicação para a origem do universo apareceu para substituir a de Descartes, que continuou sendo a teoria predominante até meados do século XVIII.

Apesar disso, Newton desenvolve a mecânica e a gravitação universal, que foram as bases para o desenvolvimento de toda a física clássica, que culminou com a física moderna. A gravitação universal afirmava que tanto o movimento dos astros celestes como a queda de objetos aqui na Terra tinha a mesma origem. Ambos ocorriam graças à atração entre corpos massivos, desta forma somos atraídos para a Terra e a Terra, juntamente com os outros planetas de nosso sistema solar, é atraída para o Sol, já que ele é o elemento mais massivo desse sistema.

“Com sua mecânica e gravitação, Newton completou o que Galileu e Descartes não chegaram a realizar, que foi submeter o céu e a Terra às mesmas leis; a primeira grande unificação da física. (Menezes, 2005, pg.19)

Mas esse modelo gerou um grande problema cosmológico, como o universo poderia se manter estável se a gravidade é sempre atrativa? Para resolver esse problema Newton nos coloca em um universo infinito, com infinitas estrelas distribuídas homogeneamente, e como as distâncias entre elas seriam as mesmas a atração de umas sobre as outras faria o universo ser aproximadamente estável. Entretanto, mesmo um universo infinito deveria estar em colapso gravitacional.

Se o cosmo for infinito, escreveu Bentley, e se, como afirma a teoria de Newton, a gravitação está presente em todo o cosmo, então um simples cálculo mostra que todas as partes do universo deverão estar sujeitas a uma infinita atração gravitacional. Portanto, todas as estrelas devem colapsar em uma gigante bola de fogo. (Smoot, 1995, pg. 36)

4.2.6. Modelo cosmológico de Immanuel Kant

Em 1755, Immanuel Kant (1724-1804), baseado na física de Newton, propõe uma nova teoria sobre a origem do universo em seu livro *História geral da natureza e teoria do céu*, onde propõe a hipótese nebular da origem do sistema solar (Wood, 2008, pg 23; Kragh, 1996, pg. 2). Kant estudou acontecimentos astronômicos e elaborou explicações que ainda hoje são aceitas, um exemplo, está no fato dele acreditar que as estrelas eram corpos celestes como o nosso Sol, e que também possuíam seus próprios planetas. Além disso, ele percebe que a via láctea³² seria uma espécie de agrupamento ordenado de estrelas (Martins, 2012, pg.111), do qual fazemos parte, assim como já havia observado Galileo Galilei com sua luneta (Flório, 2009, pg. 4).

A galáxia é, de fato, apenas uma reunião de inúmeras estrelas agrupadas. Para qualquer lado que se dirija o telescópio, apresenta-se imediatamente à visão uma multidão de estrelas. (Galileo citado por Martins, 2012, pg. 112)

Entretanto Kant vai além de Galileo, quando propõe que a via Láctea seria semelhante ao nosso sistema solar, ou seja, um conjunto de estrelas que orbitava o centro da via Láctea, assim como os planetas orbitam o Sol. Para Kant esse aglomerado de estrelas teria o formato de um grande disco, que não poderia estar parado, já que a força de atração gravitacional faria o sistema entrar em colapso. (Martins, 2012, pg. 114)

Kant rompe os limites da via Láctea ao começar a especular sobre a natureza de estranhos objetos celestes conhecidos como nebulosas, que até aquele momento eram considerados como pertencentes à Galáxia³³. Em harmonia com a física newtoniana, ele começa a especular que as nebulosas observadas na verdade seriam aglomerados de estrelas semelhantes à via Láctea, porém muito distantes (Flório, 2009; Martins, 2012). Sendo assim o universo era muito maior do que se imaginava, e a via Láctea não estaria mais solitária no universo (Kragh, 1996, pg. 2).

[...] imaginemos um sistema de estrelas reunidas num plano comum, como as da Via Láctea, mas situado tão longe de nós que nem mesmo com o telescópio podemos distinguir as estrelas que o compõem... um tal mundo estelar será visto pelo observador que o contempla a uma tão grande distância como uma pequena mancha

³² Outros filósofos precederam Kant na especulação sobre a via Láctea como, por exemplo, Thomas Wright (1711-1786) que de certa forma inspirou Kant. (Flório, 2009, pg. 17)

³³ Nessa época o termo galáxia ainda não era usado.

fracamente iluminada e subtendendo um ângulo muito pequeno [...] (Kant citado em Gribbin, 1988, pg. 25)

A descrição e a interpretação da via Láctea e das nebulosas é a primeira parte do seu trabalho, que foi bem fundamentado, haja vista que *muitas de suas ideias são aceitas atualmente*. (Martins, 2012, pg. 116). Na segunda parte do seu livro Kant começa a propor uma teoria para a origem dos corpos celestes que, assim como Descartes, não diminui a importância de Deus nesse momento primordial. Para ele, Deus, sendo infinito, criou o espaço infinito, o qual encheu de matéria desordenada, o caos. Essa matéria, que inicialmente estaria parada em completa desordem, começa a passar por um processo de organização, como criação divina.

Baseado na gravitação de Newton, Kant descreve que o movimento responsável pela organização do universo foi causado pela força de atração entre partes dessa matéria, uma vez que para ele no universo existiriam diferentes pontos de densidade onde a matéria foi se concentrando. Porém, para Kant a força de atração só explicava a formação dos corpos celestes e não seu movimento, desta forma, ele propõe que existiria também uma força de repulsão. Assim a combinação dessas duas forças faria com que a matéria inicialmente parada entrasse em um movimento circular, por exemplo, durante a formação de um corpo celeste a maioria das partículas cairia em direção ao centro, tornando o corpo cada vez mais massivo e aumentando sua força gravitacional, entretanto, algumas partículas seriam desviadas a medida que caíam no centro, por outras partículas, e isso colocaria esse corpo celeste em formação, em movimento circular.

[...] os elementos, ao caírem em direção ao ponto de atração respectivo, são desviados lateralmente do movimento retilíneo, e a queda em linha reta se transforma em movimentos circulares que cercam o ponto central. (Kant citado por Martins, 2012, pg. 118)

Assim, graças aos diferentes pontos de densidade e ao movimento, essas partículas se aglomerariam para formar uma estrela, e o restante do material formaria em torno do Sol algo parecido com os anéis de Saturno, que originaria os outros corpos celestes pertencentes ao sistema solar. De acordo com Kant diversos sistemas solares teriam se formado no universo, ele estendeu essa concepção para a origem das galáxias, que provavelmente também possuiriam uma estrela central gigantesca em torno da qual todos os sistemas solares girariam.

Portanto, no universo de Kant existiriam infinitas galáxias que por sua vez também orbitavam um centro comum a todas elas. Vale ressaltar que Immanuel Kant era filósofo e não astrônomo, suas ideias se basearam na especulação e não nos métodos científicos. Abaixo apresentamos um MC sobre a origem do universo de Kant.

Figura 25 - MC da origem do universo segundo Immanuel Kant

4.2.7. Semelhanças entre os modelos filosóficos de Descartes e Kant

As duas cosmogonias filosóficas apresentadas guardavam algumas semelhanças, mas, assim como nos mitos, elas também tinham elementos bastante diferentes. Talvez o mais importante seja o fato de Kant ter tentado elaborar um modelo com base na mecânica de Newton, ou seja, ele estava preocupado em manter-se coerente com o desenvolvimento da física, *muitas vezes procura fazer cálculos que permita comparar sua proposta com o que existe no universo* (Martins, 2012, pg. 124).

Já Descartes, apesar de apresentar uma descrição bastante racional para a origem e evolução do universo, não o fez com base na ciência que estava em desenvolvimento na sua época, apesar de ser um importante matemático, sua proposta não tem cálculos e previsões, o que a tornou frágil, e passível de contestação, que o próprio Isaac Newton se encarregou de fazer.

Apesar de todas as diferenças entre esses dois modelos, percebemos que alguns elementos são comuns, como apresentamos no digrama abaixo:

Figura 26: Elementos semelhantes entre o modelo de Descartes e Kant

É possível perceber que apesar de ambos os modelos estarem mais voltados para a racionalidade, eles não abandonaram totalmente a figura de um deus criador, que é o responsável por criar o espaço e preenchê-lo por matéria, porém em um estado de caos. Além disso, nos dois modelos percebe-se a importância dada ao movimento da matéria, que é o principal responsável pela organização do caos em estruturas como planetas, estrelas e sistemas solares. Apesar de Kant sugerir a existência de outras galáxias e Descartes ter ficado limitado aos sistemas solares, ambos ampliaram a nossa concepção a respeito do tamanho do universo, já que até então as discussões no geral ficavam no campo do nosso sistema solar e das estrelas fixas.

4.3. Modelos cosmológicos modernos

Dada a variedade de modelos cosmológicos, selecionamos duas frentes de pesquisa que tiveram o auge de sua rivalidade entre as décadas de 50 e 60 do século passado. Primeiro, o modelo do *Big Bang*, que defende um universo em expansão e evolução a partir de um momento primordial, hoje aceito como *modelo cosmológico padrão* (MCP); e segundo, o modelo do Estado Estacionário, uma elegante teoria que apresentava um universo em expansão, porém eterno e imutável.

Apesar de esses modelos terem sido apresentados há mais de meio século, eles ainda figuram no cenário científico, porém com algumas modificações e complementações. O *Big Bang*, como atual MCP, sofreu importantes complementações, uma delas veio com a teoria da inflação cósmica, na década de 80, e a mais recente com a expansão acelerada do universo, que ficou conhecida como *Big Rip*, uma vez que se o universo tiver energia escura suficiente, possivelmente ele terminará com o isolamento das galáxias, e posteriormente a desintegração dos átomos. Já o modelo do Estado Estacionário, que atualmente conta com poucos defensores, sofreu uma modificação na década de 90, na tentativa de corrigir alguns problemas na teoria e de explicar uma importante evidência astronômica, que estaremos comentando abaixo.

A escolha desses modelos se deu pelo grande impacto histórico deles no desenvolvimento da cosmologia, e da riqueza de detalhes que ambos oferecem, possibilitando assim uma abordagem mais crítica do assunto no ensino médio, uma vez que o contraste das

ideias que surgem a partir desses modelos podem demonstrar como a ciência é construída, além de aguçar o senso crítico dos alunos.

Usaremos como ponto de partida os trabalhos de Albert Einstein, em especial a Teoria da Relatividade Geral (TRG), considerada um marco para o desenvolvimento da cosmologia moderna. Em seguida apresentamos de forma sucinta os primeiros modelos de universo que surgiram de interpretações da TRG, para posteriormente apresentar o MCP e o Estado Estacionário. Por fim, finalizamos fazendo uma comparação entre as duas teorias, assim como fizemos nos mitos e modelos filosóficos.

4.3.1. Teoria da relatividade geral de Einstein e a semente do *Big Bang*

A física newtoniana é considerada por muitos como um dos maiores avanços científicos de todos os tempos, já que foi a base na qual se desenvolveu toda física clássica e possibilitou o surgimento da física moderna. Essa física descreve com razoável precisão os movimentos que fazem parte do nosso dia a dia, e com o aparato da gravitação até mesmo o movimento dos corpos celestes foi esclarecido.

As leis de Newton sobre o movimento e a gravitação universal tiveram um impacto profundo na ciência e estão entre as generalizações de mais amplo alcance já formuladas pela mente humana. (Smoot, 1995, pg 34)

Todavia, por volta do fim do século XIX e início do século XX as limitações da física newtoniana começaram a ser questionadas, e como até esse momento o universo era descrito pelas leis de Newton, a cosmologia vigente nessa época também passou a ser questionada.

Com o surgimento das teorias da relatividade de Albert Einstein (1879-1955) nasce uma nova noção de espaço e tempo, que rapidamente é refletida no modelo de universo. A primeira cosmologia relativística surge com o próprio Einstein que, um ano após publicar a TRG, publica um artigo sobre as consequências de sua teoria na compreensão do universo. Certamente, o começo do século XX foi um dos períodos mais importantes para a cosmologia, já que muitos cientistas voltaram a sua atenção para o tema, o que fez surgir diversas teorias para tentar explicar o universo. Isso ocorreu em um rico contexto histórico, cheio de intrigas, discórdias, teorias rivais e incríveis descobertas.

Desta forma, além da cosmologia por si só já ser algo de grande interesse para a maior parte das pessoas, uma vez que *a necessidade de traçar a história do universo desde os seus inícios é irresistível* (Weinberg, 1987, pg. 17). O episódio histórico no qual a cosmologia se desenvolveu é muito rico e interessante, tornando a cosmologia ainda mais irresistível, como expressado abaixo pelo grande físico Steven Weinberg, prêmio Nobel de física de 1979:

“Trata-se de uma história apaixonante para o historiador da ciência, cheia de falsas partidas, oportunidades falhadas, preconceitos teóricos e jogos de influência de personalidades.” (Weinberg, 1987, pg. 23)

Em 1917, Einstein, numa tentativa de explorar os resultados da TRG, desenvolve um modelo cosmológico usando seus resultados (Henrique, 2011, pg. 71). Uma das principais implicações de sua teoria para a nossa concepção de universo foi o fato de ele aderir à noção de espaço curvo, em detrimento do espaço plano rígido. O espaço, segundo Einstein, seria modificado geometricamente pela presença de matéria, sendo assim, ele redefine a gravidade, que não seria mais causada pela força gravitacional, proposta por Newton, mas sim, pela deformação do espaço na presença de massa.

Figura 27: O espaço segundo Einstein³⁴

Graças à deformação do espaço, o universo de Einstein seria finito, uma vez que essa deformação causada pela presença da massa faria com que o espaço se curvasse em torno de si mesmo, análogo a uma casca esférica³⁵ (Martins, 2012, pg. 145). Apesar de finito, esse universo seria ilimitado, já que uma esfera não possui fronteira, e todos os seus pontos são semelhantes não tendo um lugar privilegiado, o universo era considerado por Einstein homogêneo e estático (Martins, 2012, pg. 175).

³⁴ Imagem retirada de Silk, 1988, pg. 76.

³⁵ A analogia entre espaço curvo e uma casca esférica é uma representação falha, serve apenas para nos dar uma ideia do que seria esse espaço, uma vez que uma superfície esférica se curva em uma determinada direção do espaço, já o espaço curvo não se curva em direção alguma, pois ele é o próprio espaço.

A ideia de que o universo deveria ser estático advém do “princípio de Mach”, que Einstein tentava preservar. Ernst Mach relacionava o universo como um todo com as coisas pequenas aqui da Terra (Gribbin, 1988, pg. 87). Esse princípio trata a inércia de um corpo não como uma característica própria, mas como resultado da interação desse corpo com toda a massa que existe no universo. Segundo Mach, se o universo possuísse apenas um corpo massivo ele não teria inércia, já que não teria com quem interagir, ou seja, “o universo deveria ser determinado pelo seu conteúdo” (Smoot, 1995, pg. 171). Ernst Mach influenciou muito os trabalhos de Einstein, que não desistiu facilmente que o universo fosse estático e que respeitasse o “princípio de Mach”³⁶.

Entretanto, as soluções da equação da TRG levavam a outras possibilidades como a de um universo curvo, em expansão ou contração, ou seja, o universo não poderia ser estático, pois ocorreria um colapso gravitacional assim como já era previsto no modelo de Newton. Apesar de Einstein ter mudado a natureza da gravidade ela ainda continuava a agir de forma atrativa, dessa forma, os corpos celestes não deveriam se manter distantes entre si, mas sim cair um em direção ao outro (Martins, 2012, pg. 174).

Numa tentativa de salvar sua teoria ele acrescenta um novo termo, que ficou conhecido como a “constante cosmológica”, uma força de repulsão, que contrabalanceava a atração gravitacional e o colapso que surgia naturalmente das equações da TRG, assim o universo ficaria novamente estático.

$$\Lambda = \frac{1}{R^2} = 4\pi \frac{Gd}{c^2}$$

³⁶ Aparentemente foi o próprio Einstein quem nomeou as ideias de Mach sobre a relação das massas com o resto do universo como “Princípio de Mach”, que substitui o espaço absoluto de Newton por um referencial inercial com base nos corpos celestes. Existem dois exemplos onde podemos perceber as diferenças entre as ideias de Mach e Newton, um deles é “o experimento do balde” e o outro é “o experimento dos globos presos por um fio”: 1) Dois globos e um fio: segundo Newton quando temos dois globos presos por um fio e ambos colocam-se a girar ao redor do centro de massa comum, aparecerá uma tensão na corda, que se origina devido ao movimento desses em relação ao espaço absoluto. Porém se os globos ficassem em repouso em relação ao espaço absoluto e as estrelas é quem se movessem a corda não apresentaria tensão. Para Mach, não existia espaço absoluto, sendo assim a tensão era consequência da rotação do sistema em relação às estrelas fixas. Dessa forma, se os globos estivessem parados e as estrelas entrassem em rotação a tensão novamente seria estabelecida. 2) A experiência do balde: um balde de água preso por uma corda torcida entra em rotação quando a mesma é solta, quando isso ocorre percebemos que a água sobe nas laterais do balde, ficando com formato côncavo. Segundo Newton isso ocorre porque a água gira em relação ao espaço absoluto, assim se o balde ficasse parado em relação ao espaço absoluto e as estrelas entrassem em rotação, a água não teria sua superfície alterada permanecendo plana. Mas para Mach se o balde estiver fixo sobre a Terra e o céu de estrelas fixas comesçassem a girar, o formato côncavo apareceria na água, mesmo com ela em repouso.

Figura 28: Relação entre a constante cosmológica, o raio e a densidade do universo³⁷

Apesar de Einstein ter sido uma das figuras mais revolucionárias que a ciência já teve, a constante cosmológica, que mais tarde ele próprio chamou de “o maior erro da sua vida”, foi uma tentativa de manter o padrão tradicional de modelo de universo estático, sereno e constante ao longo do tempo.

“[...] mesmo Einstein, visionário como era, reagia à ideia de um universo dinâmico. Muitos cientistas revolucionários permanecem tradicionais no fundo do coração. Copérnico nunca abandonou muitos aspectos fundamentais do cosmo medieval – insistia, por exemplo, com as órbitas epicíclicas e circulares (não elípticas). Da mesma forma, o pensamento de Einstein estava tão entrincheirado nas ideias dominantes que ele rejeitou a noção radical de um universo dinâmico.” (Smoot, 1995, pg. 47)

Modelos de Friedmann

Apesar disso, a possibilidade de novos resultados para a equação de Einstein foi explorada por muitos outros físicos e matemáticos, na tentativa de apresentar um modelo cosmológico condizente com a teoria. Um deles foi Alexander Friedmann (1888-1925), um matemático russo que, assim como Einstein, partiu do pressuposto de que o universo seria homogêneo, mas não necessariamente estático. Com isso concluiu que existiriam diversas soluções possíveis para a TRG, e não apenas o universo estático proposto por Einstein.

As soluções de Friedmann eram na verdade mais uma abstração matemática do que uma tentativa de descrever o universo real (Martins, 2012, pg. 175; Henrique, 2011, pg. 74; Kragh, 1996, pg. 25). Inicialmente seu trabalho não foi muito prestigiado, por não ter uma aparente relação com o universo real, entretanto, com o desenvolvimento das observações astronômicas seu trabalho foi ganhando mais significado (Martins, 2012, pg. 177).

Os três tipos básicos de modelos que surgiram das soluções de Friedmann foram os seguintes: o universo poderia ser estático, como sugerido por Einstein ou poderia estar em expansão ou em contração (Henrique, 2011, pg. 76). Segundo Friedmann o que definiria a real situação do universo seria sua densidade (Martins, 2012, pg. 176), ou seja:

- Se a densidade for baixa a atração gravitacional é baixa, portanto a expansão seria eterna, com isso teríamos um universo aberto e infinito;

³⁷ Equação retirada de Martins, 2012, pg.175.

- Se a densidade fosse intermediária, de tal maneira que se equilibra a atração gravitacional com a expansão, o universo teria uma velocidade de expansão cada vez menor, porém ela nunca seria zero, por exemplo, $V_1=0,1$ km/s, $V_2=0,01$ km/s, $V_3=0,001$ km/s, a velocidade de expansão do universo nunca teria reduzido a zero a última casa decimal. Desta forma, temos o universo marginal, que seria estático apenas em um tempo infinito.
- Se a densidade for alta, em algum momento a atração gravitacional superaria a expansão, e então começaria um processo de contração até alcançar um raio igual a zero, ou seja, o universo seria fechado e finito;

Figura 29: Modelos de universo segundo Friedmann³⁸

Em um universo fechado existe um momento em que o raio se iguala a zero, sendo assim, é possível especular que o universo, ao se contrair ao máximo, recomençaria o processo de expansão. Dessa forma, esse tipo de universo seria cíclico, alternando momentos de criação e destruição o que se assemelha ao mito de criação hindu, que foi estudado nesse capítulo, e nos possibilita refletir sobre o caráter mítico e obscuro que algumas teorias científicas podem guardar, em especial o modelo do *Big Bang* com a sua indiscutível singularidade³⁹.

³⁸Figura tirada de Henrique, 2011, pg. 76.

³⁹ O modelo do *Big Bang* e sua singularidade será apresentado ainda nesse capítulo.

Soluções de Willem de Sitter

Outro estudioso a propor uma solução para a equação da teoria da relatividade geral foi Willem de Sitter (1872-1934) que, a partir de uma abstração matemática, chega a um modelo de universo que também sugere a expansão, que Einstein tanto rejeitava. Apesar de de Sitter usar a constante cosmológica, ele mostrou que uma partícula de teste colocada em um universo sem matéria, se espalharia com velocidade proporcional à distância, fenômeno que ficou conhecido como o “Efeito de Sitter”, entretanto, ele não o interpretou como a expansão do universo. Einstein não aceitou sua solução, uma vez que ela violava o princípio de Mach, já que não faz sentido representar uma única partícula no universo, e muito menos descrever seu movimento solitário em um universo vazio.

Apesar de essa solução ser estranha e muito abstrata, já que ela decorre de um universo sem matéria que não se parece em nada com o universo real, onde temos estrelas gigantescas aglomeradas em galáxias que são tão grandes que a luz demora muitos milhares de anos para conseguir atravessar, a simplificação de de Sitter em considerar o universo vazio, pode ser considerada uma aproximação coerente, haja vista que a densidade do universo é extremamente baixa. Contudo, essa solução é compreendida como um modelo matemático que se aproxima da realidade e não uma descrição do universo real (Henrique, 2011, pg.74). Desta forma o dilema estava em escolher entre o universo estático de Einstein ou o universo sem matéria de de Sitter.

A única pergunta é: Qual é a melhor escolha para uma primeira aproximação? Vamos colocar um pouco de movimento no mundo de Einstein de matéria inerte, ou colocar um pouco de matéria no universo móvel de de Sitter? (Eddington, 1933, pg.46. Tradução livre)⁴⁰

As observações do efeito Doppler

Ao mesmo tempo em que os modelos cosmológicos relativísticos estavam surgindo, as observações astronômicas estavam ficando cada vez mais intensas devido às melhorias feitas nos telescópios, que possibilitaram aos astrônomos descobrirem que o universo era muito maior do que parecia ser, e aparentemente ele estava em movimento de expansão.

⁴⁰ Arthur Eddington (1882-1944) foi muito importante para o desenvolvimento da cosmologia moderna, sua colaboração será discutida ainda nesse capítulo.

Mas como perceber a expansão do universo? Ao observarmos o céu com certa regularidade e por um longo período de tempo, percebemos que os fenômenos celestes são constantes, com algumas exceções de fenômenos locais. Ou seja, percebemos o movimento aparente do Sol diariamente, a regularidade mensal da Lua, a constância das constelações no mesmo período anual, sendo assim, é fácil concluir que o universo parece ser hoje o que sempre foi no passado, imutável como defendia Einstein.

Apesar dessa aparente imutabilidade sabemos que as estrelas viajam pelo céu com grandes velocidades. Entretanto não observamos esse movimento, porque apesar das estrelas viajarem rapidamente pelo céu, podendo chegar a milhões de quilômetros por ano, essa mesma distância é cerca de mil vezes menor que a distância dessa estrela à sua vizinha mais próxima (Weinberg, 1987, pg. 25), por isso não conseguimos perceber esse movimento.

“Por exemplo, a estrela relativamente rápida conhecida por estrela de Barnard está a uma distância de cerca de 56 milhões de milhões de quilômetros; move-se através da linha do horizonte a cerca de 89km por segundo ou 2,8 mil milhões de quilômetros por ano e, em consequência, a sua posição aparente muda num ano de um ângulo de 0,0029 graus.” (Weinberg, 1987, pg. 25)

Desta forma, como é possível observar um universo em expansão através da observação astronômica? Apesar de ser extremamente difícil perceber o movimento perpendicular à linha visada, já que ele é muito lento para ser detectado dada as enormes distâncias envolvidas, é relativamente mais fácil medir o deslocamento na direção da linha visada, ou seja, o afastamento ou aproximação de objetos celestes. Para isso, exploramos o caráter ondulatório da luz através de um fenômeno conhecido como efeito *Doppler*, que pode ser detectado com uma técnica conhecida como espectroscopia. Desta forma, torna-se possível analisar com certa precisão a luz de objetos distantes.

O efeito *Doppler* é facilmente observável em experiências diárias através das ondas sonoras, talvez o exemplo mais evidente seja o de uma ambulância que ao se aproximar de um observador parado tem o som de sua sirene nitidamente mais agudo do quando a mesma se afasta. Esse fenômeno é perceptível em uma série de acontecimentos no dia-a-dia, para os ouvidos mais treinados é possível até mesmo perceber o efeito *Doppler* através do zumbido de um pernilongo que dá um vôo rasante, passando próximo ao nosso ouvido.

Isso ocorre porque o deslocamento de uma fonte de ondas em relação a um observador imóvel interfere na frequência da onda emitida, pois no sentido do deslocamento a onda é

comprimida (Gribbin, 1988, pg. 40), sendo assim sua frequência aumenta, em consequência no sentido oposto a onda é alongada, ou seja, sua frequência diminui, portanto, o som fica mais agudo para quem está na frente da fonte sonora e mais grave para quem está atrás, como ilustra a figura abaixo.

Figura 30: Efeito Doppler sonoro⁴¹

Entretanto quando a fonte emite luz, aumentar a frequência significa que essa onda parecerá mais azul do que quando a fonte está parada, em contrapartida na direção oposta ao movimento da fonte a luz parecerá mais vermelha.

Figura 31: Efeito Doppler luminoso⁴²

A técnica usada para dividir a luz em suas diferentes frequências e que permite observação do efeito *Doppler* da luz de corpos celestes é a espectroscopia⁴³, de onde vem a principal evidência utilizada por quem defende a expansão do universo. Essa técnica foi primeiramente utilizada de forma sistemática na astronomia pelo astrônomo inglês William Huggins (1824-1910) (Gribbin, 1988, pg. 29). Contudo, pode-se dizer que a espectroscopia

⁴¹ Figura adaptada de Smoot, 1995, pg. 59.

⁴² Figura retirada de <http://www.if.ufrgs.br/oei/cgu/doppler.htm>

⁴³ O espectroscópio é um instrumento de montagem simples que pode facilmente ser explorado nas aulas do ensino médio, para uma discussão mais interessante sobre a expansão do universo, uma vez que ele pode ser confeccionado pelos alunos com materiais de baixo custo.

foi descoberta por Isaac Newton em 1665-66, ao observar um feixe de luz que entrava pela janela passar por um prisma e projetar uma sequência de cores como as de um arco-íris (Oliveira, 2004, pg. 165). Como mostra a representação artística de Newton abaixo:

Figura 32 - Representação artística e Newton estudando espectros⁴⁴

A espectroscopia foi fundamental para o desenvolvimento da cosmologia. Hoje sabemos que cada elemento químico gera uma sequência de linhas coloridas diferentes em seus espectros, com isso podemos saber a composição de objetos incandescentes somente analisando a luz por ele emitida. Um dos colaboradores para o desenvolvimento dessa técnica foi o físico Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) que, através de seus experimentos formulou as três regras da espectroscopia, conhecidas como “Leis de Kirchhoff” (Oliveira, 2004, pg.166). Segundo essas regras existem três tipos de espectros.

Espectro Contínuo: é emitido por um corpo opaco e quente, podendo ser sólido ou gasoso, um exemplo de emissor desse espectro é a lâmpada incandescente, como mostra a imagem abaixo, que foi obtida por alunos do ensino médio na E.E. Manuel Bandeira⁴⁵, com espectroscópios construídos por eles, como apresentado no Apêndice D.

Figura 33: Espectro contínuo fotografado por alunos

⁴⁴ Figura retirada de http://www.if.ufrgs.br/~dpavani/FIS02008/AULAS/2011_1_ciclo2/AstronomiaseculoXIX.pdf

⁴⁵ Trata-se de uma escola estadual da periferia da cidade de São Paulo que conta apenas com um pequeno espaço onde foi adaptado um laboratório. Esse experimento foi feito com materiais de baixo custo, onde os próprios alunos construíram o espectroscópio.

Espectro de Emissão: é emitido por um gás transparente e um exemplo de objeto que emite esse tipo de espectro é a lâmpada fluorescente, que produz imagens como as abaixo também obtidas pelos alunos, através de lâmpadas de gases mistos (lâmpada da sala de aula da escola, lâmpada de vapor de mercúrio e de sódio, respectivamente).

Figura 34- Espectros de emissão, fotografados por alunos do ensino médio

Figura 35: Espectroscópio, construído pelos alunos e uma lâmpada de Na

Figura 36: Alunos observando o espectro da lâmpada da sala

Espectro de Absorção: quando um espectro contínuo passa por gás com temperatura baixa, esse gás absorve certa quantidade de energia da luz, roubando-lhe assim um determinado comprimento de onda, o que dá origem a linhas escuras no espectro, que antes era contínuo e agora é de absorção, como mostra a imagem abaixo.

Figura 37: Espectro de absorção⁴⁶

Com o desenvolvimento dessa técnica, e a percepção de que cada elemento químico emite um espectro diferente, foi possível começar a identificar a composição química das estrelas muito distantes, o que foi um grande avanço científico. William Huggins, com a colaboração de outros cientistas em meados do século XIX, fez uma série de observações de espectros de nebulosas, seguindo os trabalhos do Kirchhoff (Gribbin, 1988, pg. 29), e percebeu que muitas estrelas tinham composição parecida com a do nosso Sol.

Um dos primeiros a usar a espectroscopia, mesmo que indiretamente, na cosmologia foi Vesto Melvin Slipher, em 1912, que ao analisar as linhas espectrais da galáxia Andrômeda, na época tida como nebulosa, percebeu que essas estavam muito deslocadas para o lado azul do espectro. Slipher analisou o espectro de várias galáxias, mostrando que a maioria tinha deslocamento para o vermelho (Mourão, 1983, pg. 51). Contudo, ele não interpretou os dados como evidências da expansão do universo, interpretação essa que só veio mais adiante, já que ainda não se sabia o que o *desvio para o vermelho* poderia indicar (Smoot, 1995, pg. 60). Entretanto, com o desenvolvimento das técnicas observacionais, a espectroscopia se desenvolveu cada vez mais.

As observações de Hubble

Em 1923, Edwin Powell Hubble (1889-1953) conseguiu, fazendo observações com o telescópio de 2,5 m de diâmetro do Monte Wilson, na Califórnia, identificar estrelas individuais na galáxia Andrômeda (M31), que até então era tida como uma nebulosa pertencente à via Láctea, considerada a única galáxia do universo. Hubble, analisando o brilho

⁴⁶ Figura retirada de <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>

variável de algumas estrelas especiais, as Cefeídas, conseguiu estimar a distância da M31 como sendo algo em torno de 2,4 milhões de anos-luz, o que colocava essa nebulosa fora da nossa Galáxia, uma vez que o diâmetro da Via Láctea já era estimado em aproximadamente 100 mil anos-luz.

Hubble comprovou o que Kant já havia sugerido há alguns séculos, apesar de nunca ter feito experiências ou observações, tido muitas vezes de forma irônica como “cientista de poltrona”, já que apenas divaga as descobertas alheias, ficando sempre no campo das ideias. (Gribbin, 1988, pg. 24)

A maior parte dos avanços alcançados pela cosmologia na primeira metade do século passado veio do observatório de Monte Wilson (Tammann, 2002, pg.1), e Hubble foi um dos principais personagens nesse cenário. Dando contribuições relevantes para o estudo do universo, primeiramente ele mostrou que nosso cosmo era muito maior do que se imaginava, reforçando a nossa insignificância em meio à imensidão do universo, que agora era muito maior do que imaginávamos, e a nossa galáxia que parecia ser única, é na verdade extremamente comum. Assim como Copérnico que nos tirou da privilegiada posição central no universo, Hubble mostra que aparentemente não somos em nada especiais. Em contrapartida, sob o ponto de vista de alguns estudiosos, o desenvolvimento da biologia permitiu ao homem ter sua autoestima reafirmada, já que a vida se mostrou algo extremamente complexo, e aparentemente raro no universo, como ressalta o professor Menezes:

Podemos reagir a essa sensação de insignificância dizendo que, em nossa orgânica complexidade, nós, humanos, temos mais células do que muitas galáxias têm estrelas, e que o núcleo de cada uma de nossas células tem todas as bilhões de informações, necessárias para reproduzir outro ser idêntico a nós, coisa de que as galáxias não dispõem [...] (Menezes, 2005, pg.13)

Hubble continuou estimando a distância de corpos celestes ainda mais longínquos e, observando o desvio das linhas espectrais desses objetos, ele concluiu que quanto mais distante estavam, maior era o desvio para o vermelho. A figura abaixo mostra que o desvio para o vermelho vai gradativamente aumentando conforme observamos objetos mais

afastados, como o desvio das linhas espectrais foi interpretado como sendo o efeito *Doppler* da luz, isso significa que quanto maior seu desvio, maior é sua velocidade⁴⁷.

Figura 38: Desvio para o vermelho⁴⁸

Hubble concluiu que a distância do objeto era proporcional à sua velocidade, ou seja, quanto mais distante ele estava maior seria seu desvio para o vermelho. Apesar de hoje os dados observacionais indicarem exatamente o que Hubble propôs, quando ele fez suas primeiras medidas essa regularidade não era tão óbvia. O gráfico abaixo mostra que a relação distância x desvio para o vermelho não era exatamente linear (Henrique, 2011, pg. 84).

Figura 39: Um dos primeiros gráficos de Hubble⁴⁹

⁴⁷ Vale ressaltar que existem outras explicações para esse fenômeno que abordaremos ao final desse capítulo.

⁴⁸ Figura retirada de <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/cosmo2.html>

⁴⁹ Figura retirada de Hubble, 1929.

Na verdade, essa generalização parece ser grande demais para ser feita apenas com base naqueles poucos pontos dispersos que Hubble tinha marcado no seu gráfico. É preciso ter muita fé e não pouca imaginação para desenhar uma linha reta através daqueles pontos e dizer que eles caem sobre a linha [...] pode bem ser que Hubble já tivesse uma ideia do tipo de relação que procurava. (Gribbin, 1988, pg. 66)

Entretanto, dados recentes indicam que de fato Hubble estava certo, realmente existe uma importante regularidade entre a distância e o desvio para o vermelho. O gráfico abaixo é uma versão atual do de Hubble que, no original de 1929, apresenta dados que alcançam 2 Megaparsec ($\text{Mpc}=3,18 \times 10^{24} \text{cm}$), enquanto o atual chega aos 5000Mpc. Outra curiosidade é que as observações BOSS Ly α (Backyard Observatory Supernova Search, Lyman-alpha) indicam que para distâncias muito grandes a linha do gráfico começa a curvar⁵⁰.

Figura 40: Lei de Hubble, gráfico atual⁵¹

Apesar das limitações, Hubble definiu a “Lei de Hubble” que é a relação $V=H_0d$ onde V é a velocidade de recessão⁵² (km/s), d é a distância em Mpc e H_0 é a constante de Hubble que é a taxa de expansão do universo. O primeiro valor estimado por Hubble foi de aproximadamente 500 (km/s)/Mpc, porém o valor atual obtido para essa constante está

⁵⁰ Essa curvatura será discutida ainda nesse capítulo.

⁵¹ Figura retirada de Lahav e Liddle, 2014, pg.14.

⁵² Velocidade de recessão é a velocidade com que observamos uma galáxia se afastar de nós.

próximo a $67,15 \pm 1,2$ (km/s)/Mpc (PLANCK – NASA)⁵³, ou seja, a cada Mpc as galáxias se afastam de nós 67,15 km/s mais rápidas.

Apesar de muitos meios de divulgação científica, e até mesmo livros didáticos, creditarem a Hubble a descoberta da expansão do universo ele nunca chegou a fazer tal interpretação. Isso fica claro em uma carta enviada por ele a de Sitter, onde afirma que deixaria a interpretação do desvio para o vermelho das galáxias para pessoas mais envolvidas com a formulação de modelos cosmológicos (Henrique, 2011, pg. 254).

[...] Ele não tinha certeza do que fazer com sua descoberta [...] morreu com dúvidas em sua mente sobre a expansão. (Tammann de 2002, pg.2, tradução livre)

É evidente a contribuição de Hubble para o desenvolvimento da cosmologia, já que apesar dele não ter interpretado seus dados sob um viés cosmológico, forneceu os dados observacionais mais fortes da expansão cósmica.

George Lemaître e o átomo primordial

Apesar de tanto os dados teóricos como os observacionais darem indícios de um universo em expansão, na época isso não era muito evidente. Embora o modelo de universo em expansão geralmente ser creditado a Einstein, o responsável por fazer a conexão entre as soluções da teoria da relatividade e as sistemáticas observações de Hubble foi George Lemaître (Martins, 2012, pg. 182; Kragh, 1996, pg. 33), que anunciou o universo em expansão, germinando a semente do *Big Bang*.

Desta forma, George Lemaître (1894-1966), um padre belga, chegou à mesma conclusão de Friedmann, apesar de ele se preocupar muito mais com o universo real do que apenas com a matemática, como havia feito Friedmann. Isso fez Lemaître aproximar teoria e observação, depois de ter contato com as medidas realizadas por Hubble quando ele desenvolve um modelo cosmológico relativístico, onde o universo estaria em eterna expansão.

Porém, a ideia do universo em expansão não pode ser creditada apenas a Lemaître, pois ela foi proposta por mais dois cientistas, Friedmann, como já discutimos acima, e H. R. Robertson. Isso ocorreu de forma independente, sem que um tivesse tido um contato inicial com o trabalho do outro (Martins, 2012, pg. 182; Henrique, 2011, pg.78; Silk, 1988, pg. 25).

⁵³ Informação obtida em uma nota da NASA, disponível em http://www.nasa.gov/mission_pages/planck/news/planck20130321.html

Todavia, em nenhum desses trabalhos surge a ideia fundamental da teoria do *Big Bang*, que é a origem quente e densa do universo, na verdade o modelo proposto por Lemaître não previa a existência de uma origem para o universo. O padre belga explicou a expansão do universo a partir do modelo proposto por Einstein, um espaço homogêneo, sereno e preenchido por matéria gasosa, que se pôs a expandir. (Henrique, 2011, pg. 79).

Nesse modelo Lemaître propõe que inicialmente o universo seria um espaço repleto de gás em um estado de equilíbrio, mas que em um dado momento, graças ao movimento das partículas desse gás, aconteceram algumas aglomerações por todo o espaço, semelhante ao proposto por Kant. Assim, como o gás tinha pontos de pressão diferente o equilíbrio é desfeito e o universo começa a expandir, muito lentamente no início, e a medida que o universo cresce a velocidade de expansão fica cada vez maior, ou seja, a expansão aumentava exponencialmente, o que concordava com a lei de Hubble. Segundo Lemaître dentro dessas concentrações de gás surgiriam as galáxias e os demais corpos celestes⁵⁴.

Contudo, o universo proposto por Lemaître era apenas um dentre as muitas possibilidades que as equações de Einstein ofereciam, talvez por isso “não recebeu muita atenção”. Entretanto, esse modelo ganhou impulso à medida que foi apoiado por Arthur Eddington (Henrique, 2011, pg. 79; Smoot, 1995, pg. 67, Kragh, 1996, p. 32), um consagrado físico que também estudava cosmologia nessa época. Aparentemente o apoio ao trabalho de Lemaître ocorreu mais pelo aspecto filosófico do que matemático (Martins, 2012, pg. 184), uma vez que nesse modelo o início do universo acontecia em um passado infinito, assim não existia uma preocupação em explicá-lo.

Era conhecida a repulsa de Eddington pela ideia de criação do universo, principalmente pelo caráter mítico e religioso que essa abordagem sugere como fica evidente em sua fala: “*Filosoficamente, a noção de um início da ordem atual da natureza me parece repugnante*” (Eddington, citado em Martins, 2012, pg. 184). Todavia, percebendo as consequências de seu modelo, Lemaître, como padre, rapidamente repensa sua teoria e prevê o início abrupto “um dia sem ontem” (Henrique, 2011, pg. 81), pois assim ficava mais evidente que a origem do universo era uma criação divina.

“os cientistas estão começando a encontrar os dedos de Deus na criação do universo” (Papa Pio XII citado em Smoot, 1995, pg.28)

⁵⁴ Isso nos faz novamente lembrar de Immanuel Kant ao descrever a origem do universo.

Em sua nova proposta Lemaître adiciona um nascimento repentino para o universo, para isso ele parte da ideia de que se o universo se expande à medida que o tempo passa, no passado ele era menor e mais denso do que é hoje, ou seja, em algum momento toda matéria que compõe nosso universo estaria concentrada em uma espécie de mega átomo primordial (Martins, 2012, pg. 185), que se fragmentou em partes menores, dando origem a tudo que conhecemos hoje⁵⁵. Obviamente, essa mudança foi totalmente desaprovada por Eddington, e não ganhou grande destaque entre a comunidade de cosmólogos, que por muito pouco não inventou o termo *Big Bang*.

Como cientista, eu simplesmente não acredito que o Universo começou com um BANG. (Eddington citado em Kragh, 1996, pg. 46, tradução livre)

Como o modelo do átomo primordial previa um início bem definido para o universo, seria possível então fazer uma estimativa da idade do universo usando uma simples e muito conhecida relação da cinemática combinada com a lei de Hubble, com isso concluí-se que a idade do universo deve ser igual ao inverso da constante de Hubble, se a expansão do universo fosse constante:

$$t = \frac{d}{V} = \frac{d}{H_0 \cdot d} = \frac{1}{H_0}$$

Equação 1: Idade do universo,⁵⁶

Entretanto, usando o valor da constante de Hubble conhecido na época a idade do universo deveria ser algo próximo a 1,8 bilhões de anos, algo que soava absurdo, já que a idade estimada do nosso planeta era superior a esse valor. Apesar disso, Lemaître não desanimou de seu modelo e, numa tentativa de corrigir esse problema, ele propõe que a velocidade de expansão do universo não era constante, sendo assim não era possível obter a idade do universo através da lei de Hubble⁵⁷.

“No entanto, os cientistas são bastante espertos, e com algum trabalho conseguem *dar um jeito* e adaptar suas ideias de tal forma a ficarem aceitáveis. [...] Lemaître continua a admitir que o universo começou com um super-átomo, que se dividiu e

⁵⁵ Novamente é possível um paralelo com um dos modelos filosóficos estudados nesse capítulo, o de René Descartes.

⁵⁶ Equação retirada de Henrique, 2012, pg. 86.

⁵⁷ O problema da idade do universo teve origem na constante de Hubble, uma vez que seu valor inicial foi superestimado, devido a imprecisões na medida das distâncias das galáxias.

expandiu. [...] há teorias que apresentam muitos fatores que podem ser alterados à vontade, e que podem ser sempre adaptadas, qualquer que seja o fato observado, de modo que a teoria sempre pode ser *salva*” (Martins, 2012, pg. 186)

4.3.3. O modelo padrão: o *Big Bang*

George Gamow (1904-1968), um físico russo-americano, tentando entender o mundo micro das partículas subatômicas chegou a um modelo que explicava a origem do mundo macro das estrelas e das galáxias. Desta forma, ele aproxima a física nuclear da cosmologia, propondo que inicialmente o universo era quente e denso, e por isso colapsa iniciando um processo de expansão do espaço, dando origem a todos os elementos químicos e as grandes estruturas que hoje conhecemos.

Esse modelo ficou conhecido como *Big Bang*, o que imediatamente remete a uma grande e quente explosão, uma interpretação na verdade equivocada, já que não se trata *de uma expansão da matéria ao longo de um espaço vazio pré-existente* (Menezes, 2005, pg. 218), mas sim da abrupta expansão do espaço-tempo. Segundo essa teoria, à medida que o universo se expande surge cada vez mais espaço-tempo, e a matéria que inicialmente estava concentrada em um pequeno espaço se dissolve ficando cada vez mais insignificante na imensidão do espaço, em poucas palavras George Smoot define que “o *Big Bang* foi a criação cataclísmica de matéria e espaço” (1995, pg. 18)

Segundo Gamow o universo a princípio era extremamente quente e denso, já que toda massa-energia existente hoje estava ali comprimida, matéria e radiação não se distinguiam, o universo estava repleto de uma luz intensamente brilhante⁵⁸ que viajava em todas as direções. As condições iniciais eram impróprias para a formação de átomos, já que a luz que viajava era tão energética que quando um elétron se aproximava de um próton, para formar um átomo, um fóton instantaneamente colidia com esses elétrons impossibilitando essa formação.

Porém, assim como um gás em expansão, o universo esfriou e se tornou cada vez mais vazio. Entretanto, foi apenas milhares de anos depois que foi possível a formação dos primeiros átomos, quando os fótons já não tinham energia suficiente para impedir elétrons e prótons de se unirem. Prevendo o resfriamento do universo, os teóricos do *Big Bang* chegaram à conclusão que atualmente o universo deveria ter uma temperatura próxima de 3K,

⁵⁸ Entendemos luz como qualquer onda eletromagnética, independente de ser visível ou não.

Como a temperatura do universo diminuiu em consequência da expansão, Gamow sugere exatamente o inverso do que propôs Lemaître com seu átomo primordial que se fragmentaria, sofrendo fissão (Gribbin, 1988, pg. 129) dando origem aos corpos celestes, que depois se agruparam para formar as galáxias. Na verdade Gamow sugere que as partículas subatômicas, que estavam dispersas por todo o universo, que nesta época era muito pequeno, foram se aglomerando por fusão para formar núcleos atômicos e posteriormente elementos químicos que dariam origem às estrelas, galáxias e tudo mais.

No universo de Gamow uma partícula subatômica ganha destaque especial, o nêutron. Segundo ele, em seu estágio inicial, o universo era uma espécie de enorme estrela de nêutrons. À medida que o universo se expandia esses nêutrons se desintegravam em prótons e elétrons⁵⁹ (Weinberg, 1987, pg. 140). Assim os prótons recém-chegados poderiam se agrupar aos nêutrons restantes formando núcleos atômicos, conforme o universo resfriou a uma determinada temperatura esse núcleo pode capturar elétrons, para formar os primeiros átomos de hidrogênio, assim “a ideia de Gamow fornecia imediatamente hidrogênio para o Universo”, que por fusão podia originar átomos de hélio (Gribbin, 1988, 132). Desta forma, o modelo do *Big Bang* conseguia explicar a origem de elementos químicos leves como o H e o He⁶⁰, a princípio isso pode parecer insignificante, tendo em vista a diversidade de elementos químicos que existem hoje, porém o modelo de Gamow explicava a origem da maior parte da matéria visível no universo, já que ela é basicamente composta por esses dois elementos.

O fato do *Big Bang* explicar razoavelmente bem a origem dos elementos químicos leves, elevou a importância do modelo, que se solidificou e é aceito até os dias de hoje, com algumas alterações⁶¹. Apesar disso, o modelo falhava em explicar a existência de elementos químicos mais pesados, que só viria a ser esclarecida mais tarde com Fred Hoyle (1915-2001)⁶² que, apesar de propor uma teoria rival à de Gamow, foi quem batizou esse modelo de origem do universo com o termo *Big Bang*, com a intenção de depreciar, porém o nome ficou mundialmente conhecido, mas sem o caráter pejorativo.

⁵⁹ Os nêutrons só são estáveis quando estão confinados no núcleo, porém quando estão isolados eles rapidamente se desintegram (decaimento beta).

⁶⁰ Juntos representam aproximadamente 98% da matéria visível do universo.

⁶¹ Apesar da importância de Gamow para explicar a origem dos elementos químicos ter sido fundamental no desenvolvimento do Big Bang, atualmente a nucleossíntese primordial já foi totalmente reelaborada, e o modelo por ele proposto não é mais usado.

⁶² Fred Hoyle foi um personagem importante na história da cosmologia, ele propôs uma teoria rival ao *Big Bang*, que será estudada ainda nesse capítulo.

A expressão *Big bang* foi popularizada por Hoyle, que se referiu de uma forma irônica, nas palestras da BBC, à teoria “que o universo começou há um tempo finito em uma grande explosão” (Henrique, 2011, pg.88)

Apesar de o Big Bang ser uma teoria muito sólida hoje, no início ela ainda não era muito aceita, e só emergiu como teoria dominante no último terço do século passado. Antes disso, foi necessário superar certos obstáculos como o persistente problema da idade do universo, e a abundância de Hidrogênio. Segundo Gamow esse elemento deveria representar três quartos de toda a matéria, um quarto deveria ser Hélio e apenas um por cento de elementos químicos mais pesados que o *Big Bang* não poderia ter cozido. (Smoot, 1995, pg. 84). Essas discrepâncias encorajaram Hermann Bondi, Thomas Gold e Fred Hoyle, (Martins, 2012, pg. 202) teóricos de uma elegante teoria rival ao *Big Bang*, que ficou conhecida como Teoria do Estado Estacionário, que ganhou muita credibilidade por resolver o problema da idade do universo e acabar com o inconveniente da criação do universo.

Figura 41: MC do modelo do *Big Bang*

4.3.4. O modelo do Estado Estacionário

Fred Hoyle foi o principal mentor da teoria que viria a ser uma forte opositora ao *Big Bang*. Em seu modelo o universo era estacionário, ou seja, era homogêneo ao longo do tempo, mas não era estático, pois estava em expansão (Silk, 1988, pg. 98). Segundo ele o universo não teria tido um início como previsto pelo MCP, desta forma o universo sempre foi e sempre será o que hoje observamos.

Esse modelo tinha um aspecto filosófico muito atraente, pois nele “não havia o buraco negro da ignorância” (Smoot, 1995, pg. 80), gerado pelo repentino surgimento do universo na origem do tempo, momento esse que nunca estaria acessível ao nosso conhecimento, conhecido hoje como singularidade. E nem o inconveniente de uma possível morte para o universo, assim estávamos em um confortável universo estacionário, constante e imutável (Weinberg, 1987, pg. 26), que não teria começo nem fim. É possível que Hoyle tenha se inspirado nas ideias de Eddington.

Ele descobriu os escritos de divulgação científica de Arthur Eddington, que estimularam seu interesse em cosmologia. É bem possível que tenha prestado a atenção no tolo e arrogante comentário de Eddington de que “a noção de um começo para a atual ordem da natureza me é repugnante”, talvez essas palavras tenham inspirado Hoyle, inconscientemente, a devotar sua vida a combater a concepção de que o cosmos começou num certo ponto do tempo, com um big-bang. (Smoot, 1995, pg. 78)

Mas como explicar o desvio para o vermelho observado na maioria das galáxias, que havia sido interpretado como a expansão do universo? Como um universo que está a crescer pode ser constante e imutável? Para Hoyle e seus colaboradores, assim como no *Big Bang*, o universo estaria em expansão, ou seja, espaço estaria surgindo entre as galáxias. Mas se as galáxias estão se afastando umas das outras, como poderia o universo ter hoje a mesma aparência do passado?

Para os teóricos do Estado Estacionário o número de galáxias no universo não era constante, pois à medida que ocorria a expansão do espaço surgia uma nova galáxia entre as que haviam se afastado. Porém, esse processo era extremamente lento, a cada segundo surgiria uma partícula subatômica em uma área imensa, essas partículas se agrupavam no espaço vazio entre as galáxias, para dar origem a outra galáxia (Martins, 2012, pg. 203). Portanto, a expansão do universo seria causada pela criação de matéria, assim, ao

observarmos o universo veríamos galáxias velhas e novas, distribuídas homoganeamente. Desta forma, a aparente imutabilidade do universo era consequência da incessante criação de matéria.

Figura 42: Representação da expansão do universo no modelo do *Big Bang* e do Estado Estacionário⁶³

Apesar do surgimento de matéria a partir do nada parecer algo absurdo em um primeiro momento, esta é a mesma proposta do *Big Bang* onde toda matéria do universo surgiu no instante da criação. Hoyle defendia que era muito mais plausível que a matéria estivesse em constante criação do que acreditar que ela havia sido toda criada repentinamente como propunha o *Big Bang*. Para Fred Hoyle era um tanto quanto mítico um momento de criação que a ciência não pode explicar.

Povos primitivos... que, ao tentar explicar o comportamento local do mundo físico, são obrigados, por sua ignorância das leis da física, a recorrer a condições iniciais arbitrárias... postulando a existência de deuses, deuses do mar que determinam as condições iniciais arbitrárias que controlam os movimentos do mar, deuses das montanhas, deuses das florestas... O propósito da ciência não é construir uma teoria que seja tão cercada por leis protetoras que ninguém tenha acesso a ela. (Hoyle citado em Smoot, 1995, pg. 83)

⁶³ Figura retirada de SIGH, 2010, pg.390.

A teoria do Estado Estacionário ganhou credibilidade e se tornou popular nas décadas de 50 e 60, e os adeptos desse modelo consideravam o modelo do *Big Bang* tão mítico como os modelos cosmogônicos analisados nesse capítulo, já que assim como nos mitos não faz sentido questionar a natureza dos deuses criadores, no *Big Bang* não faz sentido questionar a singularidade e nem o que havia antes da origem do universo.

Apesar da credibilidade que essa teoria havia ganhado, ela era baseada em um fato tão estranho quanto a singularidade do *Big Bang*, já que ela desrespeitava uma das leis mais fundamentais da física, a conservação da energia. Entretanto Hoyle sugeria que a criação de matéria no universo era extremamente sutil, por isso era imperceptível a nós, o que faz sentido já que nunca ninguém observou uma galáxia surgindo a partir do nada no universo. Mas isso não foi muito aceito pela comunidade científica, já que “a violação da conservação da energia pela criação de matéria contínua deveria ser rejeitada, porque para *evitar um único milagre* (a criação do tempo em um instante) era preciso admitir uma *série contínua de milagres*” (Henrique, 2011, pg. 102).

Segundo os cálculos de Hoyle, baseados na recessão das galáxias, que era compensada pela criação de matéria, para que o universo continuasse homogêneo e imutável como parecia ser, um átomo era criado a cada segundo dentro do volume de um cubo com 160km de lado, ou seja, de fato a criação era extremamente sutil para ser percebida. Entretanto, estimava-se que 10^{32} toneladas de matéria surgiam no universo observável a cada segundo.

Para solucionar a questão da conservação da energia Hoyle, baseado no princípio de Mach, propôs uma explicação onde a criação constante de matéria não violava as leis da física (Narlikar, 2000). Partindo da lei de Hubble, podemos concluir que a cada instante que passa as galáxias se movem cada vez mais rápido para longe de nós, uma vez que a velocidade aumenta com a distância. Sendo assim, galáxias extremamente distantes teriam velocidades próximas à da luz, e à medida que se afastam essas velocidades aumentam ainda mais. Seguindo essa lógica, algumas galáxias alcançariam a velocidade da luz, enquanto outras já teriam velocidade superior a essa⁶⁴.

Segundo Hoyle isso teria implicações cosmológicas importantes, pois à medida que uma galáxia atinge a velocidade da luz, paramos de receber qualquer tipo de informação sobre

⁶⁴ Esse fato não viola a TRG, que afirma que nada viaja mais rápido que a luz, pois pensando na expansão cósmica, não são as galáxias que estão a se mover, mas sim o espaço que surge entre elas que causa o afastamento.

ela, já que a luz dela não nos alcançará mais. Com isso, Hoyle, baseado no princípio de Mach conclui que como a massa desse corpo não tem mais influência sobre nós, essa massa não existe para nós, ou seja, ela deixa de existir, ela desaparece. Porém, pela conservação da energia isso não poderia ocorrer, mas Hoyle acreditava que a contínua criação de matéria compensava esse saldo negativo.

Hoyle teve ainda que fazer algumas modificações na TRG, mas apesar de seus esforços a ideia de criação de matéria soava absurda para muitos, porém, não foi exatamente esse o motivo pelo qual o *Big Bang* superou o modelo de Hoyle. O modelo do Gamow, por exemplo, não conseguia explicar a origem dos elementos químicos pesados, já o Estado Estacionário mostrava que esses elementos eram fabricados dentro das estrelas, enquanto o hidrogênio provinha da criação de partículas entre as galáxias, sendo assim nesse aspecto o modelo de Hoyle era superior ao de Gamow.

O que tornou inviável o modelo do Estado Estacionário foi a descoberta da radiação cósmica de fundo (RCF), que possibilitou estimar que a temperatura do universo estava de acordo com previsão feita pelos teóricos do *Big Bang*, enquanto o modelo de Hoyle não fazia tal previsão. Sendo assim, foi a comprovação dessa temperatura que fez o Estado Estacionário perder toda a credibilidade que havia ganhado, e elevar o *Big Bang* ao nível de MCP.

Além disso, outro problema encontrado pelo Estado Estacionário estava no fato da distribuição homogênea de galáxias novas e velhas pelo espaço não ser observada. Alguns objetos especiais, que tem a peculiaridade de emitir ondas de rádio, as “radioestrelas”, também conhecidas como *Quasares*, foram importantes para confirmação de que o universo não tinha tido sempre a mesma aparência. Os astrônomos perceberam que esses objetos só eram encontrados no céu mais distante, e como não os vemos nas proximidades isso pode significar, segundo a interpretação do MCP, que elas eram muito mais abundantes no passado do que atualmente⁶⁵, sendo assim o universo não era imutável como propunha Hoyle.

Os Quasares são também uma evidência que o universo era bem diferente no passado, eles apresentam grande deslocamento para o vermelho, o que segundo a lei de Hubble,

⁶⁵ Como a luz tem velocidade finita, a luz das estrelas demora certo tempo para nos alcançar, que é proporcional à distância. Isso significa que ao observar uma estrela a vemos como ela era no instante em que emitiu a luz que agora observamos, sendo assim, ao olhar essa estrela vemos como ela era no passado. Quanto mais longe olhamos, mais para o passado nós olhamos, assim se as radioestrelas só são visíveis muito longe no céu, isso significa que elas eram mais comuns no passado do universo.

significa que eles estão muito distantes de nós, ou seja, possivelmente eles nem existam mais, pois habitavam o universo primitivo. Um dos quasares mais distantes descoberto em 2003 por Sloan Survey tinha um desvio espectral que indicava que quando ele emitiu a luz que nos atingiu o universo teria apenas 800 milhões de anos (Oliveira, 2004, pg.453).

Figura 43: MC do Modelo Estacionário

4.3.5. Evidência a favor do *Big Bang*

A descoberta da RCF, segundo os defensores do MCP, foi a confirmação de uma das previsões do *Big Bang* e foi também o principal golpe no modelo do Estado estacionário de Hoyle. Arno Penzias e Robert Wilson, por acaso em 1964, descobriram que uma radiação em uma estreita faixa chegava de todas as direções (Weinberg, 1987, pg. 61; Smoot, 1995, pg. 92). A antena usada na descoberta foi construída para garantir as telecomunicações através do satélite *Echo I*, por não entenderem o significado dessa descoberta, eles especularam que o que a antena captava não passava de um ruído.

Muitas medidas foram tomadas a fim de eliminar o máximo de ruído indesejado, primeiramente eles definiram uma estreita faixa com comprimento de onda, 7,35cm, no qual o ruído proveniente da nossa galáxia deveria ser mínimo. Além disso, subtraíram o ruído da nossa atmosfera que depende da direção observada, para isso, fizeram medidas próximas à direção do horizonte onde o ruído atmosférico é máximo, já que a camada de atmosfera nessa direção é mais espessa, e fizeram medidas na direção do zênite⁶⁶, onde a faixa da atmosfera é mais estreita e por isso o ruído é menor, com isso conseguiram estimar o valor que deveria ser creditado ao ruído atmosférico (Weinberg, 1987, pg. 62).

Apesar dos esforços, o ruído encontrado ainda era considerável, não variava com o tempo, nem com o dia e a noite. Os teóricos do *Big Bang* haviam proposto que o universo deveria ter resfriado e atualmente deveria estar a uma temperatura residual de 3K. Os astrofísicos Dicke e Peebles estavam trabalhando em uma possível detecção da temperatura do universo quando Penzias e Wilson encontraram esse ruído em uma faixa estreita de microondas, que segundo eles tinha uma energia térmica (temperatura de corpo negro pela lei de deslocamento de Wien) de 3,5K⁶⁷ (Weinberg, 1987, pg.65), aparentemente muito próximo do que havia previsto Gamow.

Porém, isso não é consenso entre os cosmólogos, uma minoria afirma que Gamow fez uma estimativa bem diferente do valor encontrado por Penzias e Wilson, quando comparado com predições de outros autores, como indica a tabela abaixo:

⁶⁶ Zênite é uma direção vertical traçada a partir da cabeça de um observador e que se prolonga até a esfera celeste.

⁶⁷ A estimativa da temperatura é feita com base em qual deveria ser a temperatura da antena para ela emitir naquele comprimento de onda.

Tabela 2: Previsão da temperatura do universo de acordo com diferentes modelos e diferentes autores⁶⁸

Ano	Universo Estacionário	<i>Big Bang</i>	Temperatura
1926	Eddington		3,2 K
1933	Regener		2,8 K
1937	Nernst		2,8 K
1949		Alpher e Herman	$T \geq 5$ K
1953		Gamow	7 K
1954	Finlay-Freundlich		$1,9 \text{ K} \leq T \leq 6,0 \text{ K}$
1961		Gamow	50 K

Apesar desse embate, a interpretação desses dados não foi imediata a favor do *Big Bang*, na verdade não se sabia ao certo o que era esse ruído, “era difícil imaginar nessa altura que se tratava do mais importante avanço cosmológico” (Weinberg, 1987, pg. 65) e que vira a consolidar o *Big Bang* como o modelo mais aceito pela comunidade científica em detrimento do modelo do Estado estacionário, que não conseguiu explicar a RCF, um resquício da “criação” do universo simplesmente porque segundo essa teoria a “criação” nunca teria ocorrido.

Mas o que seria a Radiação Cósmica de Fundo? No início o universo estava tomado por uma luz extremamente intensa, que viajava em todas as direções, e ocupava todo o espaço⁶⁹, essa radiação é o que hoje chamamos de RCF. A expansão do universo não fez apenas o espaço crescer, mas também alongou o comprimento de onda dessa radiação, diminuindo assim a temperatura do universo, que hoje se encontra em aproximadamente $2,72548 \pm 0,00057$ K. (Fixsen, 2009). Essa é a radiação originária do *Big Bang*, segundo a interpretação do MPC, tem as características da radiação de corpo negro, que veio se alongando e hoje tem seu pico de emissão na faixa do micro-ondas.

⁶⁸ Tabela adaptada de Assis, 1995, pg. 62.

⁶⁹ Uma curiosidade é que hoje a RCF não visível aos olhos humanos, por isso foi necessário o uso de uma antena para detectá-la, porém como ela vem sendo alongada pela expansão do universo isso significa que em algum momento ela esteve no comprimento de onda da luz visível, e se já existíssemos nessa época poderíamos enxergar a RCF, na verdade a única coisa que enxergaríamos seria ela, pois ela preenche todo o universo (Silk, 1988, pg. 131).

Outra dúvida interessante, e frequente, é por que ainda podemos detectar a RCF, por que essa radiação, supostamente originária do *Big Bang*, por que ela não nos alcançou e desapareceu no universo, como a luz de uma explosão? A resposta não é óbvia, mas é simples, o *Big Bang*, como já dito anteriormente, não foi uma explosão que acontece no espaço, mas foi a explosão do espaço. Por isso a RCF nunca nos alcançou e nunca poderia ter nos ultrapassado, pois nós, ou cada partícula elementar do seu corpo, assim como a RCF estávamos no *Big Bang*, ou seja, essa explosão não aconteceu em um determinado lugar, na verdade o *Big Bang* aconteceu aqui, em todos os lugares. E assim como nós ela está a viajar nesse universo que se expande, por isso ela sempre estará aqui.

A cada ano vemos a luz cósmica de fundo que começou a viajar em direção a nós ao mesmo tempo que a do ano anterior, mas que tinha um ano-luz a mais para viajar.
(Smoot, 1995, pg. 97)

Os primeiros dados detalhados sobre a RCF foram obtidos pelo COBE (COSMIC Background Explorer), um satélite da NASA que foi colocado em órbita no dia 18 de novembro de 1989. O COBE levou a bordo um instrumento chamado de FIRAS (Far InfraRed Absolute Spectrophotometer), que foi refrigerado a 1,5K para aumentar sua sensibilidade e diminuir ruídos (Smoot, 1995, pg. 215), que tinha o objetivo de medir com precisão o espectro da RCF nos intervalos de 0,1 a 10 mm. Esse experimento revolucionou a compreensão do universo, ele mapeou a “luz mais antiga do universo” (NASA), a RCF, e mostrou que os dados obtidos concordavam com as previsões teóricas do *Big Bang*.

Figura 44: Espectro da RCF⁷⁰

Segundo a NASA⁷¹, na imagem acima temos a curva prevista pela teoria do *Big Bang* e os resultados obtidos pelo COBE, entretanto eles são indiferenciáveis, pois combinam perfeitamente, mostrando que o espectro observado concorda literalmente com a previsão. O FIRAS deixou de funcionar quando o hélio líquido que o refrigerava acabou em 21 de setembro de 1990.

Estudar o universo é algo extremamente complicado devido as grandes incertezas das medidas obtidas, ainda mais quando estamos tentando entender sua origem, mas aparentemente a RCF não deixava dúvidas sobre fato de o universo ter tido um início. Mas nem de longe isso significava que a cosmologia estaria resolvida, muitos foram os problemas envolvidos na descrição da formação dos elementos químicos, e posteriormente dos corpos celestes e da sua aglomeração em galáxias. Além disso, o problema a respeito do futuro do universo que Hoyle tinha evitado com seu modelo estacionário estava posto novamente.

O futuro do universo

O *Big Bang* nos levou a especular sobre como será o fim do universo, questão que de certa forma já havia sido explorada nos modelos de Friedmann, onde a quantidade de massa seria algo determinante nesse cenário. Ernst Mach, também já havia predito que a matéria tinha um papel fundamental na dinâmica do universo, mas possivelmente ele não tenha imaginado que seria a quantidade de massa no universo que viria a determinar seu futuro.

O termo que indica qual será o futuro do universo é o ômega (Ω), que representa a razão entre a densidade real do universo e a densidade crítica, (Guth, 1997, pg. 16).

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_0}$$

Equação 2: Ômega

- $\Omega > 1$: Nesse caso temos um universo com densidade maior do que a crítica, desta forma, em algum momento ele entraria em contração, devido à atração gravitacional

⁷⁰ Figura retirada de http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/cobe_images/firas_spectrum.jpg

⁷¹ Essa informação encontra-se em http://wmap.gsfc.nasa.gov/universe/bb_tests_cmb.html

causada pela massa excedente, até que retornaríamos à concentração da matéria em um mesmo lugar, como no *Big Bang*. Esse universo seria fechado e esférico.

- $\Omega=1$: significa que o universo tem exatamente a mesma densidade de massa que a considerada crítica. Assim, esse universo, conhecido como crítico permanecerá em expansão até ser freado pela força gravitacional, uma vez que a densidade de massa nesse universo é suficientemente grande para que isso ocorra. Ou seja, no final teríamos um universo estático em um espaço plano e aberto.
- $\Omega<1$: com esse resultado o universo teria uma densidade de massa menor que a crítica, ou seja, o universo tem geometria aberta e com curvatura negativa, hiperbólico. E assim permaneceria em eterna expansão, pois a atração gravitacional nunca conseguiria reverter a expansão. (Guth, 1997, pg. 35). Talvez esse seja o fim mais assustador para o universo, pois em um determinado momento um observador ao olhar o céu se depararia com a extrema escuridão, pois todas as estrelas teriam se perdido na expansão. E o universo continuaria a crescer, e a esfriar, separando tudo até que só restassem partículas elementares espalhadas pelo universo. O astrônomo Camille Flammarion (1842-1925) descreve que no fim do universo "*La misérable race humaine périra par le froid. Ce sera la fin*". (A miserável raça humana morrerá pelo frio. Este será o fim.)

Figura 45: Possíveis geometrias para o espaço⁷²

⁷² Figura tirada de Gribbin, 1988, pg. 111.

Possivelmente por motivos filosóficos, desde o início os cosmólogos acreditavam que deveria ser $\Omega=1$, porém um dos primeiros a argumentar porque Ω deveria ter esse valor foi Robert Dicke, que denominou essa peculiaridade como o *Problema da Planura*. Segundo Dicke se na origem do universo o valor de Ω fosse diferente de 1 o universo seria bem diferente do que observamos hoje, pois Ω teria variado consideravelmente ao longo do tempo. Caso Ω fosse ligeiramente superior a 1,0000000000000001, esse valor cresceria rapidamente e o universo teria alcançado seu tamanho máximo e colapsado antes que galáxias pudessem se formar. Mas se Ω fosse menor que 0,999999999999999 esse valor diminuiria rapidamente com o passar do tempo e a densidade do universo cairia muito rapidamente, impossibilitando a formação de galáxias (Guth, 1997, pg. 19). O gráfico abaixo mostra a evolução de diferentes valores de Ω nos primeiros trinta segundos do universo.

Figura 46: A evolução de um Ω nos primeiros 30 segundo⁷³

Através do gráfico acima é possível perceber que em apenas trinta segundos os valores de $\Omega \neq 1$ variaram rapidamente, se prolongássemos esse gráfico para a idade atual do universo o valor de Ω teria variado absurdamente. Sendo assim, a única forma de resolver esse problema é considerar Ω como sendo 1, pois essa é a única forma de não ocorrer grandes variações, que impossibilitariam a existência do universo como conhecemos hoje, já que assim Ω se manteria constante ao longo do tempo.

Além das previsões teóricas do valor de Ω , é possível fazer uma estimativa de Ω observando as galáxias mais distantes, pois em grande escala a curvatura do universo

⁷³ Gráfico retirado de Guth, 1997, pg. 19

influencia na medida das distâncias reais entre as galáxias. Observando um universo com curvatura positiva, a distância aparente entre as galáxias mais distantes, com desvios para o vermelho próximos, pareceriam menores do que num universo plano. Entretanto, se o universo fosse hiperbólico essas distâncias pareceriam maiores (Silk, 1988, pg. 303).

Figura 47: A relação entre velocidade e magnitude das galáxias e a geometria do espaço⁷⁴

Em 2001 a NASA lançou o satélite *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP), que foi projetado para coletar com mais precisão os dados que o COBE tinha obtido uma década antes. Durante esse período o WMAP estimou com precisão alguns dados importantes a respeito do universo, que combinados com os resultados de outros experimentos nos dão uma ideia da natureza do nosso cosmo.

Um dos objetivos dessas experiências é estimar valor de Ω , e assim ter uma clareza maior de qual será o futuro do universo. O gráfico abaixo combina dados de quatro experimentos cosmológicos importantes, que analisados de forma independente não dizem muito a respeito do valor de Ω , dada a imprecisão imposta a cada conjunto de dados. Porém, quando combinados, podemos perceber que tudo indica que realmente o universo tem Ω igual a 1, representado pela linha preta no gráfico.

⁷⁴ Figura adaptada de Gribbin, 1988, pg. 127.

Figura 48: Resultado de experimentos que indicam o valor de Ω .⁷⁵

No eixo horizontal do gráfico temos os valores de Ω_m , que representa toda a matéria comum que conhecemos, fonte de gravidade. Enquanto o eixo vertical indica os valores de Ω_Λ , interpretado como sendo a “constante cosmológica” que Einstein havia proposto, ou seja, um tipo de energia repulsiva, responsável pela grande expansão do universo, associado hoje à misteriosa matéria escura.

Os dados verdes são de estudos sobre a idade dos aglomerados globulares⁷⁶, onde os valores de Ω_m podiam variar de 0,2 e 0,5 e os valores de Ω_Λ não eram delimitados, com isso não se tinha muita ideia do valor total de Ω , porém qualquer coisa fora da faixa verde não é aceitável. Já a gota amarela é um dado do experimento Supernova, que mediu com precisão a expansão cósmica, e delimitou um pouco mais a faixa provável de Ω . A área azul foi obtida com o experimento Boomerang, dando indícios de que vivemos em um universo plano. E por fim, a linha preta são os dados do WMAP, que confirmaram a previsão.

Muitas tentativas de aferir o valor de Ω ainda estão sendo feitas e a tabela abaixo indica os valores obtidos, combinados de vários experimentos, confirmando que o valor mais provável de Ω é exatamente 1.

⁷⁵ Figura retirada de <http://oberon.roma1.infn.it/boomerang/pressrelease/illustrations/>

⁷⁶ Aglomerados globulares são um tipo de aglomerado de estrelas com formato esférico.

Tabela 3: Valores atuais para Ω ⁷⁷

	<i>Planck</i> +WP	<i>Planck</i> +WP	<i>WMAP</i> 9+eCMB
	+highL	+highL+BAO	+BAO
Ω_m	$0.315^{+0.016}_{-0.017}$	0.308 ± 0.010	0.293 ± 0.010
Ω_Λ	$0.685^{+0.017}_{-0.016}$	0.692 ± 0.010	0.707 ± 0.010

Esses dados além de indicarem que aparentemente vivemos em um universo marginal, que ficara eternamente em expansão, também reforçam a nossa ignorância com relação ao nosso próprio universo, uma vez que se de fato $\Omega=1$ e apenas aproximadamente 0,3 representa a porção de matéria comum a nós, todo o restante é composto pela enigmática energia escura, até hoje indetectável.

Matéria escura e Energia escura

Com a estimativa do valor de Ω muito próxima a 1 surge um dos maiores problemas enfrentados pelo MCP, que ainda hoje é um dos grandes enigmas da física. Um valor de $\Omega=1$ indica que existe muito mais massa no universo do que conseguimos observar, estudos sistemáticos do cosmo indicam que a matéria visível corresponde a uma pequena parcela da constituição do universo apenas 0,5%, conhecida como matéria bariônica luminosa⁷⁸, ou seja, 99,5% do universo estão em forma de difícil detecção. Estimativas indicam que 4,4% do universo estão em forma de matéria bariônica não luminosa, na verdade trata-se de matéria comum de estrelas apagadas, planetas, gás, poeira e outros corpos celestes que não podemos enxergar. Isso explica 4,9%⁷⁹ da matéria existente no universo o que não é nenhum pouco razoável.

Outro fato que indica nossa falta de compreensão sobre a massa que constitui o universo vem da observação do movimento rotacional das galáxias. Estudos indicam que elas deveriam conter muito mais massa do que o estimado entre matéria bariônica normal e escura. Na rotação de um disco rígido, quanto mais na periferia se está maior é a velocidade de rotação, porém a galáxia não é um disco rígido, e como a força gravitacional no centro é maior do que na periferia, a velocidade central também é maior, enquanto o material

⁷⁷ Tabela adaptada de Lahav, 2013, pg. 18.

⁷⁸ Constituída por prótons e nêutrons.

⁷⁹ Dados obtidos pelo experimento com satélite artificial PLANCK-NASA.

periférico da galáxia se arrasta mais lentamente (Oliveira, 2004, pg. 430). A figura abaixo compara a velocidade rotacional de um corpo rígido e outro não rígido, chamado de rotação kepleriana.

Figura 49: Curva de rotação de um corpo rígido e um flexível⁸⁰

Desta forma era de se esperar que a velocidade de rotação das galáxias fosse próxima a uma rotação kepleriana, entretanto, os dados observados indicam que o material galáctico periférico está mais rápido do que o previsto. Nosso próprio Sol tem velocidade de 220 km/s, quando na verdade deveria girar ao redor da galáxia a 160 km/s.

Figura 50: Curva de rotação galáctica⁸¹

Analisando o gráfico é possível perceber que em aproximadamente 4kpc a queda na velocidade para, e começa a crescer suavemente, isso indica que existe mais massa nessa região do que conseguimos observar. Desta forma, acredita-se que 95,1% do nosso cosmo estejam na forma de algo que ainda desconhecemos chamada pelos teóricos do MCP de matéria escura e energia escura. Dados do experimento PLANCK-NASA indicam que o

⁸⁰ Figura adaptada de <http://astro.if.ufrgs.br/vialac/node5.htm>

⁸¹ Figura adaptada de <http://astro.if.ufrgs.br/vialac/node5.htm>

universo deve conter 26,8% de matéria escura e 68,3% de energia escura. Ambas são extremamente difíceis de detectar, haja vista que até o momento nenhuma tentativa obteve sucesso. Abaixo apresentamos representação da constituição do universo, e algumas peculiaridades do MCP.

Figura 51: Componentes do universo, características, candidatas e exemplos.⁸²

4.3.6. A teoria da inflação

A RCF além de trazer segurança ao modelo do *Big Bang*, por ser um dos seus maiores pilares, reconhecida muitas vezes como confirmação experimental da grande explosão (Henrique, 2011, pg. 107), também trouxe duas questões a serem resolvidas.

A primeira era conhecida como *problema do horizonte*, que foi evidenciada através das medições feitas da RCF indicarem que ela era extremamente isotrópica, ou seja, não variava em direção alguma. Como a RCF é uma relíquia dos primórdios do universo, por isso a isotropia indicava que o universo também deveria ser homogêneo quando a RCF foi criada. O problema é que para o universo ser totalmente homogêneo, todas as suas partes deveriam ter interagido, mas isso não parecia ter sido possível.

⁸² Essa representação foi elaborada com base em BAEK, 2013; PETER 2012; PLANCK COLLABORATION, 2014.

A velocidade da luz é a maior velocidade possível para qualquer tipo de informação em nosso universo, toda e qualquer interação ocorre em um tempo que depende da distância $t=d/c$. Segundo a previsão “seria preciso que um tempo muito maior do que o diâmetro do universo dividido pela velocidade da luz” (Martins, 2012, pg. 215), o que não era compatível com a teoria do *Big Bang*. Desta forma, o universo não teria tido tempo para interagir por completo para se tornar tão homogêneo como indicava a RCF.

O segundo problema que também surgia da isotropia da RCF era a questão *da formação das grandes estruturas*, pois considerando que o universo era homogêneo no início por qual motivo hoje ele é heterogêneo (Smoot, 1995, pg. 188), ou seja, qual a origem das imensas estruturas existentes no universo, como galáxias e aglomerados de galáxias. Esse dilema resulta da simples dedução de que se o universo era homogêneo, a matéria e a radiação estariam distribuídas por igual em todos os lugares, sendo assim, com a expansão deveria ocorrer uma simples separação da matéria e dissipação da radiação, sendo assim, atualmente deveríamos estar em um imenso universo onde não existiria galáxias, estrelas e nenhum corpo celeste, apenas partículas espalhadas homogeneamente por toda parte.

Um jovem teórico, Alan Guth, nos anos 80, propôs uma teoria que pretendia desvendar esse mistério (Martins, 2012, pg. 215). Ele revolucionou a cosmologia partindo inicialmente da tentativa de detectar uma hipotética partícula, o “monopolo magnético”, que deveria ter sido criada no início do universo, segundo a Teoria da Grande Unificação (GUTs). A GUTs defendia a ideia de que as forças eletromagnéticas, forte e fraca, eram unificadas no universo primordial quando a temperatura era extremamente alta (Guth, 1997, pg.108), e essas forças se diferenciaram quando o universo resfriou a uma determinada temperatura. Porém as partículas previstas em grandes quantidades pela GUTs, nunca foram detectadas de forma incontestável, apesar dos esforços e dos alarmes falsos (Smoot, 1995, pg. 189).

A teoria proposta por Guth, baseada na GUTs, parecia resolver vários problemas que os cosmólogos enfrentavam há tempos, como as questões:

- Da planaridade do universo: Explica porque Ω deve ser igual a 1 (Guth, 1997, pg.19);
- Do horizonte: Explica a extrema homogeneidade do universo primordial, revelado pela RCF;

- Dos monopolos: Explica a dificuldade em detectar os monopolos magnéticos (Smoot, 1995, pg. 191);
- Das mega estruturas: Explica como foi possível a formação de mega estruturas, a partir de um universo homogêneo.

Segundo a teoria do Universo Inflacionário nos momentos iniciais o universo observável era menor do que o proposto pelo *Big Bang*, e a expansão era “lenta”, assim o raio no qual a luz poderia se estender em um determinado intervalo de tempo era maior que o universo (relativamente grande), dessa forma foi possível que todas as partes do universo interagissem e se tornassem homogêneas, ou seja, estava resolvido o *problema do horizonte*. Logo em seguida o universo passa por uma rápida expansão, o período da inflação, até que o raio do universo observável ultrapassa o alcance da luz, esse episódio durou apenas cerca de 10^{-33} segundos (Martins, 2012, pg. 216), nesse momento o universo passou por uma superexpansão, e conseqüentemente por um superesfriamento. Durante a inflação, o universo se expandiu mais rápido que a velocidade da luz⁸³, em seguida passou a se expandir de modo mais lento como previa o *Big Bang*.

Figura 52: Raio do universo observável e o alcance da luz⁸⁴

⁸³ Isso não viola a TRG, pois nada está se movendo mais rápido que a luz, na verdade é o espaço que surge com velocidades extremamente altas. Por isso é possível que existam galáxias que se distanciam de nós mais rápido que a luz, sem que isso viole a teoria da relatividade, uma vez que não é a galáxia que viaja mais rápido que a luz, na verdade ela se encontra “parada” em universo que se expande.

⁸⁴ Figura retirada de Martins, 2012, pg. 217.

No momento em que se inicia a inflação, certas regiões do espaço estão em um estado de “falso vácuo”, segundo Guth, nessas condições a força gravitacional torna-se repulsiva e por isso iniciou-se a colossal expansão com velocidade superior à da luz. Mas o que é um “falso vácuo”? Da física quântica temos que o vácuo como ausência de todas as coisas não existe, pois todo vácuo tem potencial para gerar partículas virtuais⁸⁵, um falso vácuo seria um vácuo mais energético, com mais probabilidade de gerar partículas virtuais, porém ele é instável e tende a decair em um estado de vácuo normal. Segundo o modelo inflacionário, quando isso ocorreu existia no universo um “campo inflaton” que foi responsável pela rápida expansão cósmica, que é uma abstração matemática coerente com a teoria inflacionária, mas ainda hipotética.

Ao inflar o universo superesfriou e nesse momento as três forças unificadas passaram pelo processo de quebra da simetria. Uma analogia pode ser feita com água que é totalmente simétrica quando líquida, mas que perde sua simetria ao se solidificar formando cristais. A inflação também explica porque os monopolos magnéticos são tão difíceis de serem encontrados, na verdade a questão não estaria na quantidade dessas partículas, mas sim no tamanho do universo, que segundo Guth era muito maior do que se pensava. Dessa forma, essas partículas estariam diluídas num universo muito maior de que era previsto pelo *Big Bang*, por isso os monopolos magnéticos são praticamente indetectáveis.

⁸⁵ Ver Menezes, 2005, capítulo IV: 1 O vácuo e os campos: Vácuos cheio de coisas e coisas cheias de vácuo.

Figura 53: Separação das forças fundamentais⁸⁶

Outra consequência impactante da inflação é que o valor de Ω deve ser igual a 1, ou seja, o universo aparentemente é plano como previa Dicke. A explicação para a *planaridade* é bem simples, no período em que o universo foi inflado sua superfície curva tornou-se imperceptível em pequena escala, estima-se que o universo tenha aumentado por um fator de 10^{50} no período da inflação.

Figura 54: A planura do universo⁸⁷

Além disso, a inflação explica o surgimento das superestruturas no universo, que não deveriam existir em um universo homogêneo como indicado pela suavidade da RCF. Alan Guth, baseado no princípio de Heisenberg⁸⁸, prevê a existência de flutuações da RCF, que teriam tido origem em algum momento antes da inflação. Como nesses instantes iniciais o universo era composto por partículas elementares, deveriam existir flutuações quânticas devido ao princípio da incerteza, que com a inflação de um fator próximo de 10^{50} , ganharam proporções do tamanho de galáxias ou até mesmo de um aglomerado de galáxias, formando uma espécie de topografia universal, onde posteriormente a massa se aglomerou para dar origem a mega estruturas. Desta forma, a mesma teoria da inflação, que homogeneizou o universo, também teria produzido pequenas flutuações que permitiram a formação das galáxias (Smoot, 1995, pg. 203).

⁸⁶ Figura retirada de <http://astro.if.ufrgs.br/univ/univ.htm>

⁸⁷ Figura retirada de Guth, 1997, pg. 148.

⁸⁸ O princípio de Heisenberg afirma que é impossível conhecer duas características simultaneamente de uma partícula elementar, por exemplo, sua posição e velocidade, criando assim uma imprecisão sobre comportamentos futuros.

Desta forma, as enormes flutuações observadas no universo hoje teriam origem nas flutuações quânticas, o que é algo curioso, já que quântica nos remete ao mundo do muito pequeno, mas que agora se relaciona com o muito grande.

A inflação, além de prever a formação de corpos super massivos no universo, também apontava para uma discreta anisotropia na RCF, e muitos grupos de pesquisas buscaram confirmar essa previsão. Porém, foi apenas com o lançamento do COBE que surgiram avanços na direção da anisotropia da RCF. Esse projeto foi chefiado por George Smoot, laureado com o prêmio Nobel em 2006, por sua descoberta.

Figura 55: A anisotropia da RCF⁸⁹

A figura acima mostra os dados de três satélites artificiais das flutuações na temperatura da RCF, assim como previsto pela teoria da inflação. A temperatura média da RCF é 2,73 K, porém os dados indicam que existe uma pequena variação entre 2,7301 K e 2,7299 K, confirmando a anisotropia. A primeira imagem é do COBE, pioneiro na confirmação na descoberta, a segunda imagem é do satélite WMAP e a terceira do PLANCK, as três são a mesma imagem, mas com resoluções diferentes.

Aparentemente a história do universo estava bem organizada, ou seja, o primeiro evento ocorreu a aproximadamente 14 bilhões de anos, a partir disso o universo entrou em expansão lenta, onde se tornou homogêneo, em seguida passou por rápida inflação e posteriormente a gravidade organizou a matéria em planetas, estrelas, galáxias... graças a pequenas flutuações quânticas. Com isso a teoria do *Big Bang* se consolidou como MCP, e hoje em dia praticamente não se questiona mais se realmente ele ocorreu, basicamente procura entender os detalhes do início dos tempos. Apesar disso, ainda existe linhas de pensamentos contra o MCP uma conhecida como Estado Quase Estacionário e outras propostas minoritárias.

⁸⁹ Imagem retirada de <http://www.astro.virginia.edu/~dwp5fq/teaching.html>

4.3.7. A modelo do Estado Quase Estacionário

Quando aparentemente o modelo do Estado Estacionário tinha se rendido ao *Big Bang*, em 1993 Hoyle, G. Burbidge e J.V. Narlikar reformam o modelo na tentativa de eliminar algumas deficiências da proposta original de Hoyle. Para isso eles deram uma nova explicação para a constante criação de matéria, explicaram a origem dos elementos químicos leves e deram uma interpretação diferente para a RCF.

Nessa nova teoria o universo continua sendo homogêneo e isotrópico, e com densidade de energia constante. Uma das mais importantes modificações é que o universo não era mais necessariamente estacionário, ele passava por momentos de expansão, sucedidos por momentos de contração. Quando o universo se expande observamos os espectros das galáxias desviados para o vermelho, respeitando a lei de Hubble, como atualmente. Porém quando o universo contrai observaríamos o desvio para o azul, este ciclo teria duração de 40 bilhões de anos⁹⁰ (Oliveira, 2010, pg. 706), sendo assim, como atualmente a idade do universo é 13,6 bilhões de anos estaríamos em um período de expansão, e em aproximadamente 20 bilhões de anos iniciaria a contração.

Neste modelo a matéria continuava a ser constantemente criada no universo, porém não de forma sutil com antes, mas sim em *mini Big Bangs*. Os teóricos desse modelo propõem que no universo existiria um campo de energia negativa, que compensava a criação de matéria (energia positiva), dessa forma a teoria respeitava a lei da conservação da energia.

Os detalhes envolvem um campo escalar análogo que aparece em modelos inflacionários populares que são favorecidos pela cosmologia padrão. Como isso ocorre nos modelos inflacionários, o campo escalar exerce uma pressão negativa que explica a expansão universal. Nesta teoria, o campo também age negativamente no processo de criação, equilibrando a energia positiva da produção de matéria. Isso permite que apareça matéria nova num universo já existente, em vez de exigir a criação de todo o universo *de novo*, em um *Big Bang*. (Narlikar, 2000, pg. 3, tradução livre)

O universo estaria repleto desses hipotéticos campos negativos, assim a criação de matéria ocorreria por todo o cosmo de forma brusca, como uma espécie de *mini Big Bangs*, responsáveis por impulsionar a expansão do universo. A criação de matéria diminui o campo de energia negativa, portanto a criação se torna difícil, então a gravidade supera a expansão e

⁹⁰ Esse valor, possivelmente, foi ajustado por Narlikar para ficar de acordo com as previsões.

o universo começa a entrar no período de contração, que por sua vez aumenta o campo de energia negativo até que a criação de matéria se inicie.

Um dos maiores defensores da teoria do Estado Quase Estacionário atualmente é o astrofísico Jayant Vishnu Narlikar, que aponta uma série de inconsistências no modelo padrão do *Big Bang*. Primeiramente ele relembra que *na teoria de estado estacionário não havia nenhum evento místico como o "Big bang" e nenhuma aparição súbita de toda a matéria no universo* (Narlikar, 2000, pg. 2, tradução livre). Além disso, ele considera simplista a interpretação imediata de que a Radiação Cósmica de Fundo seja uma relíquia do *Big Bang*.

Segundo Narlikar, com uma temperatura de fundo de 2,73K, como indicada pela RCF, era possível prever que a densidade do universo seria $2,0 \times 10^{-31} \text{ g/cm}^3$, porém a previsão feita pelo *Big Bang* era de $2,0 \times 10^{-29} \text{ g/cm}^3$, desta forma, os valores diferem em duas ordens, o que para escala cosmológica não seria muito inadequado. Porém, o problema estaria no fato de que a previsão feita pelos teóricos do *Big Bang* se baseava em um hipotético tipo de matéria, desconhecido, a matéria escura.

Evidentemente, não é reconfortante que esta linha de raciocínio da década de 1960 ainda seja o melhor disponível em favor da cosmologia do *Big Bang*, apesar do fracasso contínuo das tentativas de identificação de matéria não Bariônica necessária. (Narlikar, 2000, pg. 2, tradução livre)

Outra fraqueza apontada está na incapacidade de estimar com precisão a temperatura de fundo, por parte dos teóricos do *Big Bang*. Como já mostramos acima na tabela 3, os valores previstos pelos teóricos do *Big Bang*, incavam que esse valor estaria entre $5\text{K} \leq T \leq 50\text{K}$ (Assis, 1995, pg. 83). Apartir dessa incoerência, os teóricos do Estado Quase-Estacionário concluem que assumir a interpretação dada pelo MCP para RCF como única possível não é aceitável.

Segundo Narlikar a RCF pode ser proveniente da sintetização de elementos químicos dentro das estrelas, que liberaria quantidades de energia suficiente para gerar valores muito próximos à RCF. Porém essa emissão não é tão homogênea e suave como a RCF, assim novamente surge a questão do horizonte, já discutida acima. Para solucionar esse problema, explica ele, apresentam um mecanismo, não muito claro, que termalizaria essa radiação por todo universo, e o responsável por esse fenômeno seria uma espécie de *metallic whiskers* (Narlikar, 2000, pg. 5), algo semelhante a micro fagulhas metálicas que, segundo os

defensores do Estado Quase Estacionário, seriam responsáveis por homogeneizar a RCF. Esse material seria formado durante a explosão de supernovas.

Atualmente o Estado Quase Estacionário conta com muito poucos adeptos, uma vez que a grande maioria dos cosmólogos defende o modelo cosmológico padrão, o *Big Bang*. Apesar disso, o modelo de Hoyle ainda sobrevive e encontra alguns defensores, por exemplo, as recentes observações das supernovas IA, que indicam que o universo está em expansão acelerada, foram interpretadas, pelos teóricos dessa teoria, como indícios do Estado Quase-Estacionário, já que a expansão acelerada surge naturalmente sem precisar supor a existência de algo fantasmagórico como a energia escura.

Figura 57: MC do modelo do Estado Quase Estacionário

4.3.8. Semelhanças e peculiaridades entre os modelos MCP e o Estado Quase Estacionário

Como apresentamos acima, atualmente o *Big Bang* é o atual MCP, ou seja, é a teoria dominante nesse ramo científico. Muitas vezes isso é erroneamente interpretado e divulgado pelos meios de divulgação científica, por escola e até mesmo nos cursos de graduação, como sendo a “verdadeira história do universo”, não dando margem para outras linhas de pensamento. Desta forma, nos termos de Kuhn, podemos considerar a teoria do *Big Bang* como o mais forte candidato a paradigma cosmológico atual, uma vez que essa teoria se tornou modelo para as demais pesquisas da área. Kuhn descreve paradigma como sendo:

[...] as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência. (Kuhn, 1998, pg. 13)

Seguindo essa tradição, a teoria do *Big Bang* atualmente é o que Kuhn descreve como sendo a ciência normal, um período de acumulação gradativa de conhecimento pela comunidade científica, que pode vir a ser questionada por um episódio extraordinário, que questiona os paradigmas e pode iniciar uma revolução científica (Kuhn, 1998, pg. 24), e a transição de um paradigma por outro.

Porém, apesar das tentativas de cientistas contrários⁹¹ ao MCP, o candidato a paradigma cosmológico atual se mantém firme e ao que tudo indica prosseguirá como teoria dominante, ou seja, como nosso modelo padrão cientificamente aceito (Kuhn, 1998, pg. 43). Isso pode ser evidenciado quando as pesquisas na área *não se propõem a descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria* (Kuhn, 1998, pg. 77), mas apenas de confirmar o paradigma, como ocorre com o *Big Bang*, pois a grande maioria das pesquisas está voltada a reforçar o MCP. Desta forma, teorias rivais são marginalizadas e, no geral, não chegam aos meios de comunicação e muito menos nas escolas e universidades, dando a impressão de que o MCP é a única explicação científica para a origem do universo.

Apesar deste cenário, existe certa insatisfação por parte de uma pequena parcela de cientistas da área de cosmologia, que apresentam teorias alternativas, já que o debate de ideias diferentes às do MCP não são bem aceitas, aliás, muitas vezes as submissões de trabalhos em

⁹¹ Um exemplo de cientista contrário ao *Big Bang* é Halton Arp, que discorda da interpretação dada ao *redshift* das galáxias como indicador de distâncias, ele mostra evidências de suas ideias através de observação de Quasares em seu livro *Quasars, Redshifts and Controversies*, de 1987.

revistas científicas são negadas, além de sofrerem com a falta de financiamento. Talvez o caso mais evidente seja o do astrônomo norte-americano Halton Arp (Oliveira, 2006, pg. 185).

Uma carta publicada em 22 de maio de 2004, na revista *New Scientist*, manifesta a insatisfação com o atual cenário das pesquisas cosmológicas, fechada a novas perspectivas. Esta carta foi apoiada e assinada por milhares de possíveis cientistas em uma página na internet⁹², que até a presente data ainda continua aberta a novas assinaturas. Esta iniciativa deu origem a uma associação de pesquisadores “Alternative Cosmology Group”⁹³, que organizou duas conferências, uma em Portugal em 2005, e outra nos Estados Unidos em 2008.

Sob a perspectiva de “modelo dominante” e “modelo marginalizado”, apresentamos uma análise dos dois modelos científicos modernos trabalhados nesse capítulo. Para isso levamos em consideração as modificações e adaptações que eles agregaram ao longo do seu desenvolvimento. O esquema abaixo compara as semelhanças e as peculiaridades do *Big Bang* inflacionário e do Estado Quase Estacionário:

Figura 58: Elementos semelhantes e peculiaridades do MPC e do Estado Quase Estacionário.

⁹² www.cosmologystatement.org

⁹³ <http://www.cosmology.info/events.htm>

Apesar da rivalidade entre essas duas teorias, ambas partem de um importante pressuposto comum, a expansão do universo, ou seja, não existe divergência com relação à veracidade da lei de Hubble, já ambas entendem o desvio para o vermelho como o efeito *Doppler* da luz, que automaticamente coloca o universo em expansão. Isso porque, muito provavelmente, ambas as teorias partem da TRG de Einstein, que previa um universo dinâmico.

Embora a expansão do universo seja considerada nos modelos apresentados nesse trabalho, existem outras propostas que consideram outras interpretações para o desvio espectral das galáxias, um exemplo é a Teoria da Luz Cansada que indica um universo sem expansão. Nesta teoria a luz ao viajar pelo espaço perderia energia, e por isso teria seu espectro deslocado para o vermelho.

O princípio de Mach também influenciou as duas teorias. Já desde a primeira interpretação da TRG, Einstein acreditava que a geometria do espaço-tempo estava relacionada com a massa que ele continha. Porém, com o desenrolar das interpretações da TRG, Einstein abandona essa ideia, e atualmente pesquisas indicam que o universo aparentemente não tem uma rotação, como Mach previa.

Outro ponto comum, as duas teorias admitem a RCF, porém essa radiação homogênea e isotrópica surge naturalmente da teoria do Big Bang, como resquícios da explosão inicial. Enquanto na teoria do Estado Estacionário, ela não havia sido prevista, porém uma interpretação para ela foi incorporada no modelo do Estado Quase Estacionário.

PARTE II

ENSINO DE COSMOLOGIA NA PRÁTICA:

**SUA IMPORTÂNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA E SUAS LIMITAÇÕES SOB O PONTO
DE VISTA DE PROFESSORES DA REDE ESTADUAL**

CAPÍTULO 1 – Construção e aplicação de um questionário

Apesar de todo potencial fornecido pela cosmologia para proporcionar um ensino de física mais interessante aos olhos dos alunos, muitas dificuldades permeiam a introdução desse assunto atualmente, principalmente nas escolas públicas, que tem de enfrentar diversos problemas mais graves, como: a falta de estrutura e de materiais adequados ao ensino de todas as disciplinas, a falta de professores com formação específica para a matéria que lecionam e, principalmente, o desinteresse da maioria dos alunos para com o conhecimento, seja ele de qualquer área.

Apesar de todos esses agravantes encontrados no ensino atualmente, procuramos focar em quais seriam as dificuldades encontradas por professores de física do ensino médio em usar a cosmologia em suas aulas como tema gerador para introduzir conteúdos de física exigidos pelos currículos.

Para fornecer dados a essa pesquisa decidimos entrevistar professores de física com experiência na realidade escolar, conhecimento sobre as dificuldades que ela oferece e algum tipo de conhecimento ou mesmo interesse pela cosmologia. Na procura desses indivíduos aplicamos um questionário, por meio eletrônico, com a intenção de atingir o maior número possível de professores, uma vez que acreditávamos que apenas uma pequena parte desses convidados a responder tal questionário contribuiria efetivamente.

1.1. Elaborando as perguntas

Como a intenção do questionário era conhecer um pouco esses professores e principalmente, suas experiências com a realidade escolar e sua relação com a cosmologia, desenvolvemos dezessete perguntas que contemplavam esse objetivo, que foram divididas em quatro tópicos, sendo eles:

Identificação:

- 1) Nome?
- 2) Idade?
- 3) *E-mail*?
- 4) Qual a sua naturalidade? (posteriormente trocada por) Cidade em que nasceu?

Nesse grupo de perguntas procuramos identificar esse professor, conhecer a faixa etária predominante, além de obter seu endereço eletrônico, caso precisássemos de alguma

informação adicional, esclarecer alguma dúvida sobre alguma resposta e até mesmo agendar a entrevista.

Os dados que identificam os professores não serão divulgados nessa pesquisa, assim como o endereço eletrônico, uma informação sobre o sigilo desses dados foi mencionada no início do questionário.

Por fim, com a pergunta sobre a naturalidade do indivíduo, pretendíamos perceber se existia alguma relação entre o local onde essa pessoa nasceu e o seu interesse por astronomia e (ou) cosmologia, uma vez que aparentemente pessoas que vivem mais afastadas das grandes cidades parecem perceber melhor o céu, talvez pela cultura da região que num passado recente sobrevivia da agricultura, ou mesmo pela menor agitação presente nos grandes centros metropolitanos, que muitas vezes nos impedem de olhar para o céu ou mesmo nos questionarmos sobre sua origem.

Em um primeiro momento o questionário foi enviado para um grupo de seis professores com o objetivo de validar as perguntas percebendo se elas eram claras e objetivas. Uma pergunta desse tópico precisou ser modificada, uma vez que quando questionamos os indivíduos sobre sua naturalidade, a maioria deles acabou respondendo sua nacionalidade, ou seja, “brasileiro”. Tendo em vista essa dificuldade, mudamos essa questão de “Qual a sua naturalidade?” para “Cidade em que nasceu?”. O questionário final encontra-se em anexo.

Formação acadêmica:

- 5) Formação?
- 6) Instituição formadora?
- 7) O que te motivou a escolher essa profissão?

Já nesse tópico pretendíamos conhecer um pouco sobre a formação desse professor, uma vez que muitos professores de física não têm formação apropriada e um dos objetivos desse questionário era justamente selecionar professores licenciados em física.

Experiência profissional:

- 8) Quantos anos de experiência lecionando física?
- 9) Atualmente está lecionando física no ensino médio?
- 10) Já trabalhou em escola pública?

Com a intenção de conhecer um pouco sobre a experiência profissional desse professor, procuramos com essas perguntas descobrir se ele tinha experiência no ensino público e se atualmente está lecionando no ensino médio, uma vez que entendíamos que uma parcela de indivíduos poderia estar lecionando no ensino superior, e assim não seriam alvos das entrevistas.

Ensino de ciências e a cosmologia:

- 11) Você gostava das ciências, física em particular, ensinadas no ensino médio? Explique.
- 12) Você se interessa por astronomia e (ou) cosmologia?
- 13) Na graduação você fez alguma disciplina relacionada à cosmologia ou à astronomia?
- 14) Você costuma se informar sobre esse tema?
- 15) Você acha importante, ou interessante, que elementos da cosmologia sejam mais explorados no ensino médio? Explique.
- 16) Você já tentou trabalhar elementos da cosmologia em suas aulas de física? O que você fez exatamente (que tipo de atividade realizou).
- 17) Você teria interesse em participar de um curso que te daria subsídio para trabalhar a cosmologia em suas aulas?

Com esse grupo de questões pretendíamos conhecer um pouco mais sobre a relação que esse professor mantém ou não com a cosmologia, tema principal desse trabalho, por isso exploramos um pouco o interesse pessoal e a importância que ele dava sobre a presença do assunto em suas aulas de física; possíveis cursos que ele tenha feito durante sua formação, se ele costuma se informar sobre o assunto e através do que o faz, além disso, sondamos se em algum momento esse professor usou a cosmologia em suas aulas, uma vez que isso seria um fator crucial na seleção dos professores a serem entrevistados. Para finalizar, tentamos conhecer o nível de interesse em participar em um futuro curso de cosmologia.

1.2. Aplicando o questionário

Esse questionário foi enviado por meio eletrônico, através de um formulário do *google docs*, para uma lista de 926 *e-mails* que foram conseguidos por meio de uma pesquisa *online* em sites de física, em trabalhos publicados no *SNEF* de 2011 e alguns contatos do período de graduação. Apesar do número de *e-mails* citado acima, possivelmente o número de professores que tiveram acesso ao formulário foi bem maior, uma vez que muitos ao

responderem o questionário comunicaram que o estavam enviando para seus colegas também professores de física.

O questionário definitivo começou a ser enviado no dia 31/05/2012, mas só era possível enviar 90 *e-mails* por dia, devido a uma limitação imposta pelo *Google*, assim só pudemos terminar de enviar o questionário para nossa lista de 926 contatos no dia 08/06/2012, e o mesmo ficou *online* até o dia 01/09/2012.

Figura 59: Números de repostas diárias ao questionário

O gráfico acima mostra o número de respostas diárias recebidas nesse período, sendo que o número total de pessoas que participaram da pesquisa foi de 165, mas as respostas de oito indivíduos foram desconsideradas na análise, uma vez que os mesmos não eram professores de física.

1.3. Resultado e análise dos dados obtidos com o questionário

Esta análise foi feita com base nas informações fornecidas por 157 indivíduos, professores de física atuantes no ensino médio ou no superior.

Identificação

Como foi previamente combinado com esses professores seus nomes e *e-mails* serão mantidos em sigilo, sendo assim ao analisar as respostas obtidas na identificação, somente apresentaremos os dados referentes à idade e à região desses indivíduos.

Apesar de não termos preferência por uma faixa etária para realizar as entrevistas, verificamos que a idade dos participantes estava bem distribuída, entre 20 e 69 anos, como mostram os dados abaixo.

Tabela 4: Faixa etária

Faixa etária		Quantidades
1	20 – 29 anos	47
2	30 – 39 anos	49
3	40 – 49 anos	35
4	50 – 59 anos	21
5	60 – 69 anos	5

Figura 60: Faixa etária

Como o questionário foi enviado para uma lista de e-mails da qual não tínhamos nenhuma informação prévia, inicialmente acreditávamos que a maior parte dos participantes seria das regiões sul e sudeste, uma vez que grande parte desses e-mails foi conseguida através de trabalhos publicados no SNEF 2011, e essas regiões concentram a maior produção de trabalhos acadêmicos voltados à área de ensino de física. O gráfico mostra que de fato a maior participação foi das regiões previstas, apesar de pessoas de todo país terem colaborado.

Tabela 5: Regiões dos participantes

Região	Quantidades
Sudeste	95
Sul	32
Nordeste	22
Centro-oeste	4
Norte	2
Internacional	2

Figura 61: Regiões dos participantes

Formação acadêmica:

A formação desses professores era um fator importante na nossa pesquisa, uma vez que pretendíamos selecionar para a entrevista professores licenciados em física. Nossa previsão inicial era de que muitos dos professores que respondessem ao questionário não teriam formação adequada para participar dessa pesquisa, uma vez que estudos apontam que a maioria dos professores que leciona física não tem formação específica na área.

“Dentre as disciplinas analisadas, Física é a que apresenta o menor número de professores com curso de formação específica [...]. Ao analisar mais detalhadamente a formação dos professores que ministram a disciplina Física, chama a atenção o elevado número de docentes com formação em Matemática.” (Inep, 2009, pg. 42).

Apesar disso, essa hipótese não foi confirmada, já que 103 dos 157 professores possuíam licenciatura em física, e muitos deles eram mestres e doutores. Isso muito provavelmente ocorreu porque a amostragem não representa o Brasil, e sim uma classe seleta de professores de física com formação adequada, uma vez que o *e-mail* de muitos deles foi conseguido através das publicações no SNEF 2011.

Tabela 6: Formação dos participantes

Formação	Quantidades
Graduado	108
Mestre	25
Doutor	21
Estudante	3

Figura 62: Formação dos participantes

Além disso, a grande maioria (86%) formou-se em uma universidade pública, como mostram os gráficos abaixo.

Figura 63: Tipo de instituição formadora dos participantes

Com o nosso questionário também analisamos qual a motivação para esses professores terem escolhido a docência como carreira, uma vez que a desvalorização do professor em nosso país tem afastado as pessoas das licenciaturas, sendo assim achamos interessante sondar esse aspecto. Os dados obtidos estão sintetizados na tabela abaixo.

Tabela 7: Motivação pela escolha da profissão entre os participantes

Categoria	Descrição	Respostas
A	Interesse pela física e pelos mistérios da natureza	83%
B	Vocação para a docência e o apreço pela profissão	70%
C	Facilidade com os conceitos e os cálculos envolvidos na física	8%
D	O interesse pela astronomia e os mistérios do universo	8%
E	Aulas de um determinado professor em sua época de escola	14%
F	O constante desafio de ensinar e aprender	8%
G	A influência de amigos e familiares	3%
H	Nada em especial, aparentemente apenas o acaso.	2%
I	Interesse financeiro	2%
J	Inconclusivo	8%

Muitas vezes as respostas analisadas se encaixavam em mais de uma categoria, um exemplo claro dessa situação podemos observar na resposta do professor nº 38 “*Gosto pessoal pela Física e posterior identificação com a atividade docente, principalmente para o Ensino Médio.*”, essa resposta foi contabilizada tanto no perfil A como no B, por isso a somatória das porcentagens não representa cem por cento.

Apesar do grande número de categorias encontradas podemos perceber que A e B são predominantes em relação às demais. Sendo assim, aparentemente a grande maioria dos

indivíduos que participaram dessa pesquisa acreditam ter escolhido ser professor de física graças à aptidão pela física e pela educação. O que novamente nos fez perceber que estávamos lidando com um grupo seletivo de professores.

Experiência profissional:

A grande maioria desses professores tem uma experiência relevante no ensino de física e em particular no ensino público, uma vez que 78% dos participantes já tiveram experiência na escola pública e 34% atuava na rede estadual no momento da pesquisa. Além disso, 77% dos participantes tinha mais de 3 anos de experiência na docência, que era um fator importante para a seleção dos entrevistados, uma vez que a experiência era vista por nós como extremamente necessária para que o entrevistado pudesse falar com propriedade das possíveis dificuldades de inserir a cosmologia em suas aulas.

Além disso, outro fator importante para essa pesquisa era selecionar docentes que leciona física na rede pública estadual de ensino médio, uma vez que é nela que se encontra o maior número de alunos e também os maiores desafios para a educação. O gráfico abaixo mostra a proporção de professores lecionando física e em qual rede, pública ou particular.

Figura 64: Tipo de escola que o participante está lecionando

Ensino de ciências e a cosmologia:

Nas perguntas dessa categoria procuramos entender melhor qual era a relação que esse professor mantinha com o ensino de ciência, em particular o de cosmologia.

Na pergunta (11) “*Você gostava das ciências, física em particular, ensinadas no ensino médio? Explique.*”, acreditávamos que a maioria dos professores afirmaria não gostar do ensino de física oferecido a eles no ensino médio, já que possivelmente se tratava de um ensino descontextualizado e fragmentado, o que é tradicional no ensino de física em nosso país, e talvez esses professores prezassem hoje por ensinar física de forma mais contextualizada e quem sabe até fazendo uso da cosmologia. Apesar disso, nossa expectativa não se confirmou, pois a grande maioria (81%) afirmou gostar da física oferecida a eles no ensino médio. Entretanto, percebemos que isso se deu mais por um gosto pessoal ou facilidade com a disciplina do que por um ensino de qualidade, como mostra o quadro abaixo:

Tabela 8: Relação da escolha da profissão com a experiência pessoal como aluno do ensino médio

Categoria	Descrição	Respostas
A	Sim, mais em função do interesse do indivíduo por Física e facilidade com os cálculos envolvidos do que motivado pela escola e/ou professores.	37%
B	Sim, devido a alguns professores e algumas atividades diferenciadas.	20%
C	Não, uma vez que as aulas eram extremamente “matematizadas” e carentes de conceitos, contextualizações e atividades práticas.	25%
D	Sim, sem maiores detalhamentos.	14%
E	Inconclusivo.	4%

Nossa hipótese inicial era de que parte significativa desses professores demonstraria interesse por cosmologia, o que foi confirmado, pois a maioria se enquadra nessa categoria (97%). Apesar de já esperarmos um número elevado, obtivemos praticamente 100%, o que nos fez refletir sobre possibilidade desses professores terem sido pré-selecionados com o texto inicial do questionário, onde apresentávamos nosso trabalho e a abordagem da cosmologia. Ou seja, é provável que aquele professor que não se interessa pelo assunto não tenha nem respondido o questionário, assim somente os interessados pelo cosmo participaram, ou que de fato a cosmologia é um tema muito atrativo.

Outra curiosidade é que 50% dos participantes fizeram alguma disciplina relacionada à astronomia e/ou cosmologia na graduação, um número elevado, uma vez que pesquisas apontam que a formação de professores nessa área é deficitária (Langhi, 2010), o que reforça nossa ideia de que o próprio questionário selecionou indivíduos interessados pelo assunto.

Figura 65: Interesse dos participantes por cosmologia

Outro dado que vem evidenciar o interesse dessas pessoas por cosmologia é o fato de 93% procurarem se informar sobre o assunto através de outros meios, como a divulgação científica feita por revistas, documentários, entre outros. Ou seja, mesmo aqueles que não fizeram disciplina referente ao assunto na graduação, um número elevado como mostra a tabela abaixo, possivelmente eles tenham algum tipo de conhecimento sobre o assunto obtido por meios informais.

Tabela 9: Realização de disciplinas relacionadas à astronomia pelos participantes

Fez disciplinas sobre o assunto na graduação?	Participantes
Não	78
Sim (optativa)	54
Sim (obrigatória)	25

Além disso, 94% dos professores acreditam ser importante ou mesmo interessante que elementos da cosmologia sejam trabalhados no ensino médio. Apesar da unanimidade, as respostas dadas à pergunta (15) “*Você acha importante, ou interessante, que elementos da cosmologia sejam mais explorados no ensino médio? Explique*” foram variadas e por isso tiveram de ser categorizadas como mostra a tabela abaixo:

Tabela 10: Importância dada ao ensino de cosmologia

Categoria	Descrição	Respostas
A	Sim, uma vez que a cosmologia naturalmente desperta a curiosidade e o imaginário dos alunos e dessa forma pode atrair o aluno para o mundo da ciência.	29%
B	Sim, já que se trata de um tema extremamente rico e interdisciplinar, que pode ser facilmente relacionado com outros temas da física e de outras disciplinas.	13%
C	Sim, pois contribui na formação intelectual dos alunos aprimorando sua visão de mundo.	12%
D	Sim, pois esse tema é amplamente divulgado pelos meios de comunicação.	5%
E	Sim, uma vez que possivelmente seja o tema que deu origem ao pensamento científico, e abordá-lo torna possível discutir a natureza da ciência através de sua rica história e dos pensamentos filosóficos envolvidos.	11%
F	Sim, mas para isso primeiramente precisamos nos debruçar em alguns problemas como um currículo de física saturado para poucas aulas, a falta de formação dos professores e a cobrança conteudista dos vestibulares...	9%
G	Sim, pois qualquer conhecimento relacionado à física é importante, mas nada muito aprofundado.	13%
H	Sim, pois até os pcn's recomendam.	2%
I	Não, uma vez que o ensino de ciências já tem muitos problemas e acrescentar mais um assunto só agravaria a situação.	2%
J	Inconclusivo.	4%

As categorias acima foram de vital importância para esta pesquisa, pois elas nos nortearam na escolha dos que seriam entrevistados.

Apesar dos fatores positivos apontados na tabela acima sobre a inserção da cosmologia no ensino médio, constatamos que apenas 10% desses professores tiveram a oportunidade de dar aulas exclusivas de cosmologia, a grande maioria usou o assunto para introduzir aulas ou

trabalharam apenas com elementos astronômicos, e alguns simplesmente nunca levaram o assunto para a sala de aula. Fator esse que evidencia certa dificuldade em trabalhar com o conteúdo. Abaixo as categorias de respostas obtidas com a questão 16) *Você já tentou trabalhar elementos da cosmologia em suas aulas de física? O que você fez exatamente (que tipo de atividade realizou)?*

Tabela 11: Categoria das atividades relacionadas a cosmologia

Categoria	Descrição	Respostas
A	Sim, mas apenas atividades usadas para introduzir tópicos da física, como: apresentação de filmes e documentários, citação de tópicos históricos.	26%
B	Sim, aulas dedicadas à introdução de modelos cosmológicos e/ou assuntos polêmicos como buracos negros, matéria escura, energia escura...	10%
C	Sim, mas apenas em disciplinas oferecidas no ensino superior.	5%
D	Não, trabalhei apenas com astronomia, como: aulas expositivas e/ou utilização de telescópio.	24%
E	Ainda não tive oportunidade e/ou conhecimento para trabalhar o assunto.	14%
F	Não leciono no ensino médio, e no ensino superior ainda não tive oportunidade de trabalhar com o tema.	2%
G	Não.	19%

Por fim, confirmando o grande interesse e a importância que esses professores dão à cosmologia, apesar de 59% nunca terem trabalhado com o tema em suas aulas, 87% responderam positivamente quando questionados sobre o interesse em participar de um curso de cosmologia que lhes dessem subsídios para trabalhar o assunto em suas aulas.

CAPÍTULO 2 – Entrevistas

2.1. Seleção dos entrevistados

Como citado acima o professor selecionado para a entrevista deveria ter alguns pré-requisitos, como:

- ser licenciado em física;
- ter experiência no ensino público;
- estar lecionando atualmente;
- ter interesse por cosmologia;
- ter um conhecimento mínimo sobre o assunto seja ele obtido em uma disciplina da graduação, cursos ou até mesmo através de meios informais, como documentários, revistas especializadas, livros, entre outros;
- ter trabalhado com a cosmologia, ou mesmo astronomia, em uma de suas aulas;

De forma a organizar os participantes de forma anônima, eles foram numerados conforme eram computadas as participação no questionário. Na tabela abaixo se encontram a numeração de todos os participantes, que serviu para organizar e selecionar os professores para a entrevista.

Tabela 12: Participantes da pesquisa

01 ⁹⁴	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158							

Acima o quadro apresenta todos os 157 participantes da pesquisa numerados de forma a facilitar a identificação dos mesmos. O número 01 foi o teste realizado para assegurar o funcionamento do questionário on-line. Depois de selecionar os participantes de acordo com os pré-requisitos citados acima o quadro ficou com a seguinte configuração:

Tabela 13: Participantes pré-selecionados para a entrevista

	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	X	X	15
X	X	18	X	20	X	X	23	X	25	X	X	X	X	X
X	32	X	X	X	X	X	X	X	X	41	X	X	X	X
X	X	48	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	59	X
61	X	X	X	X	66	67	X	X	X	X	X	X	X	75
X	X	78	79	X	X	82	83	X	X	X	87	X	89	X
X	X	X	94	X	96	X	98	X	X	X	102	103	X	X
X	X	X	X	X	111	X	X	114	115	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	128	X	X	131	X	X	X	X
X	X	X	139	X	X	142	X	X	X	X	147	X	X	X
X	152	X	X	155	156	X	X							

⁹⁴ Teste do questionário *online*

Como o número de participantes ainda era elevado (36) para a realização de entrevistas qualitativas, decidimos agrupar os participantes que restaram com base nas categorias da pergunta (15) *“Você acha importante, ou interessante, que elementos da cosmologia sejam mais explorados no ensino médio? Explique”* uma vez que essa foi uma das perguntas mais importantes do questionário, na qual os professores mais discursaram.

Depois de uma detalhada análise de comparação das respostas encontramos 06 perfis possíveis para categorizar todos os professores selecionados. A tabela abaixo apresenta os perfis encontrados.

Tabela 14: Perfil dos participantes pré-selecionados⁹⁵

PERFIL	DESCRIÇÃO	INDIVÍDUOS
A	A cosmologia naturalmente desperta a curiosidade e o imaginário dos alunos e dessa forma pode atrair o aluno para o mundo da ciência.	18, 23, 59, 77, 82, 83, 89, 96, 103, <u>131</u> , 147, 152
B	É um tema extremamente rico e interdisciplinar, que pode ser facilmente relacionado com outros temas da física e de outras disciplinas.	12, <u>20</u> , 79, 111, 156
C	Contribui na formação intelectual dos alunos aprimorando sua visão de mundo.	66, <u>98</u> , 102, 142
D	Possivelmente seja o tema que deu origem ao pensamento científico, e abordá-lo torna possível discutir a natureza da ciência através de sua rica história e dos pensamentos filosóficos envolvidos.	15, 25, <u>41</u> , 61, 67, 75, 114, 139
E	Primeiramente precisamos nos debruçar em alguns problemas como um currículo de física saturado para	32, 48, <u>78</u> , 87, 94, 115, 128, 155

⁹⁵ Os números sublinhados representam os participantes que foram selecionados.

	poucas aulas, a falta de formação dos professores e a cobrança “conteudista” dos vestibulares...	
F	Conhecimento relacionado à física é importante, mas nada muito aprofundado.	Perfil excluído após análise das entrevistas ⁹⁶

De posse desses dados percebemos que seria interessante, para essa pesquisa, entrevistar um professor de cada perfil, sendo assim, cinco indivíduos, a fim de conseguir dados de maior representatividade.

Para selecionar qual professor de cada perfil seria entrevistado fizemos uma análise detalhada das atividades relacionadas à cosmologia, realizadas por eles em aulas do ensino médio, uma vez que essas atividades poderiam nos dar uma ideia mais específica do grau de conhecimento e de envolvimento desses professores com a cosmologia. As atividades mais elaboradas seriam as de maior interesse.

Para está seleção usamos os dados que foram obtidos com a pergunta (16) “*Você já tentou trabalhar elementos da cosmologia em suas aulas de física? O que você fez exatamente (que tipo de atividade realizou)*”.

Para classificar as atividades usamos uma escala que variava com três níveis de importância das atividades para essa pesquisa, sendo:

Tabela 15: Nota da atividade realizada pelo participante

Nota	Descrição
-1	Atividades de baixa importância para essa pesquisa, uma vez que estão mais relacionadas a conceitos básicos da astronomia, sem uma relação clara com a cosmologia.
0	Atividades de média importância para essa pesquisa, por serem menos elaboradas se resumindo à utilização da cosmologia para introduzir aulas ou

⁹⁶ O perfil F foi desconsiderado depois da análise das entrevistas, pois ele se mostrou inconsistente, uma vez que o professor entrevistado nesse perfil não mostrou interação com a cosmologia em sua ação docente. Desta forma, fazendo uma reanálise do perfil, entendemos que ele não havia sido bem elaborado, por isso reinterpretemos os dados e remanejamos os professores dessa categoria. Os professores 77 e 89 passaram para a categoria A, o 142 para a categoria C, o 41 para a categoria D, o 48 para a categoria E, já os professores 49, 126 para a categoria de dados inconclusivos que não é apresentada nessa tabela.

	apresentação de documentários entre outros.
1	Atividades de alta importância para essa pesquisa, por se tratarem de aulas bem elaboradas que envolvem conceitos chaves da cosmologia.

Abaixo apresentamos as respostas dadas a essa pergunta pelos professores que, segundo nossa avaliação, obtiveram nota 1, ou seja, o grupo de possíveis entrevistados.

PERFIL A

Professor 59: “Sim, trabalhei, não tentei.... *Big Bang*, Expansão acelerada do universo, Evolução estelar, Planetas exosolares, Buracos Negros, Telescópios, Hubble, Vida fora da terra (SETI), Entre outros...”

Professor 82: “Sim . Trabalho espectroscopia com meus alunos, explicando o que é luz, o que é espectro de emissão e absorção, e sua relação com a cor das estrelas. Também discuto tópicos de gravitação, relatividade restrita e relatividade geral. Desenvolvi (há uns 5 anos) um projeto sobre Astronomia onde os alunos construíram modelos em escala do sistema solar, lunetas, hidrofoguetes, representações das constelações em cartolina, etc. Também acompanhamos um eclipse lunar utilizando as lunetas que construímos. Utilizei no projeto uma apostila do Prof. Cannale (RJ) e alguns roteiros que baixei do site da NASA.”

Professor 131: “Costumo dedicar 1 trimestre do curso do 1º ano para discutir conceitos básicos de Astronomia e Cosmologia. Neste trimestre, devido à quantidade de aulas disponíveis, utilizo de 10 a 15 aulas (além de atividades avaliativas e provas) para tal assunto. Os temas (aulas) que trabalho são: Origem da Astronomia (e da Ciência); Astronomia x Astrologia; Instrumentos antigos de medida astronômica (Gnomon); Movimento dos astros vistos da Terra (Sol, Lua, estrelas fixas); O site APOD (Astronomy Picture of the Day); Eclipses; Fases da Lua; Modelos de Universo (Aristotélico-Ptolomaico, Copernicano); Finitude e infinitude (Descartes, Brahe, Bruno); As descobertas de Galileu; A Gravitação Universal (Newton); O *Big Bang* e as novas ideias.”

PERFIL B

Professor 20: “Começo a discussão perguntando e discutindo em sala, e depois pedindo para que os estudantes pesquisem o que são: cometas, meteoros, meteoritos, asteroides, planetas e

estrelas. Depois trabalhamos com a História da Astronomia: Aristóteles, Aristarco de Samos, Eratóstenes, Ptolomeu, Copérnico, Giordano Bruno, Galileu, Tycho Brahe, Kepler, Newton, Einstein; heliocentrismo e geocentrismo; sistemas de mundos; modelos para o sistema solar (distâncias versus tamanhos) com montagem de modelos com respeito às proporções; vídeo e discussão (parando os vídeos e discutindo as partes) sobre "De Olho no Céu" e "Contato"; exposição "Paisagens Cósmicas" e "Evolução do Universo" do AIA 2009. Isso para o 1º EM. Para o 2º EM somente quando toco em expansão de gases falo superficialmente sobre o equilíbrio gravidade/ expansão em estrelas e depois sobre construção de telescópios e efeito doppler para conhecer mais sobre velocidades das estrelas, rotação de galáxias, expansão do universo. No 3º EM somente volto ao assunto quando toco no assunto sobre partículas de altas energias, laboratório Pierre Auger e LHC. O conteúdo sempre muito superficial e insuficiente. Além de desestruturado. Espero que vocês possam me auxiliar em melhorar esse curso.”

PERFIL C

Professor 98: “Eu sempre trabalhei temas de astronomia, no entanto, apenas neste ano de 2012 que comecei a trabalhar com cosmologia, tendo em vista a alteração no currículo mínimo do estado. Iniciamos o ano falando um pouco do sistema solar, sistemas heliocêntricos e geocêntricos... Movimentos da Terra, por que não sentimos a Terra girar, Leis de Newton, foram alguns conceitos abordados. Neste primeiro momento os recursos didáticos restringiram-se apenas em apresentações em PowerPoint e vídeos retirados do youtube.”

PERFIL D

Professor 41: “Por exemplo, efeito doppler, falo sobre a expansão do universo; quando na matéria universo, falo sobre energia escura e matéria escura.”

Professor 61: “trabalhei o debate Shapley-Curtis (década de 1920) sobre o tamanho do universo. Comecei a discussão com questões com um texto sobre os modelos cosmológicos e pedindo a eles para identificar se e de que forma era tratado o tamanho do universo em cada um e perguntando o tamanho atualmente aceito... Daí linkamos para as ideias do debate e seu encerramento, anos depois, com as medidas de Hubble... Essa foi uma das propostas desenvolvidas...”

Professor 67: “Sim, no início desse ano, e eventualmente eu retomo algumas coisas. Trabalhei com o livro Física em Contextos (Pietrocola, et al) que possui vários textos sobre Cosmologia. Os alunos fizeram leituras dos textos e responderam questionários em que era solicitados fazer paralelos entre as concepções egípcia, grega e moderna. Após essa leitura inicial, trouxe o diagrama presente na pg 28 deste livro, e fiz uma aula expositiva sobre a concepção moderna de Universo: a teoria do *Big Bang*. Isso tudo é parte de um trabalho que estou desenvolvendo, em que uso Astronomia como tema estruturante para o estudo de Movimento em turmas de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública na região metropolitana de Curitiba/PR. Possivelmente um artigo sobre esse trabalho será submetido ao SNEF em 2013.”

PERFIL E

Professor 78: “Sim. Trabalhei uma vez com os terceiros anos de uma escola estadual um dos vídeos da série Poeira das Estrelas, em que Marcelo Gleiser entrevistava Alpher e explicava resumidamente a teoria do *Big Bang* e a radiação cósmica de fundo em micro-ondas, descoberta por Penzias e Wilson. É claro que o tema foi abordado muito superficialmente, mas serviu para despertar a curiosidade dos alunos. Por mais "detonado" que seja o Marcelo Gleiser pela comunidade científica do Brasil, não creio que o material tenha sido inadequado aos alunos, que fizeram muitas perguntas e entregaram depois uma avaliação onde se verificava uma compreensão significativa do assunto abordado”.

Depois de entrar em contato com cada um desses professores para sondar seus interesses e disponibilidades em participar da entrevista, os participantes selecionados para as entrevistas foram os seguintes:

Tabela 16: Professores selecionados para a entrevista

PERFIL	PROFESSOR	ENTREVISTA REALIZADA
A	131	Pessoalmente
B	20	Pessoalmente
C	98	Pessoalmente
D	41	Pessoalmente
E	78	Videoconferência

2.2. Realização das entrevistas

A entrevista com o professor do perfil A foi realizada no SESC Belenzinho, local sugerido pelo próprio por ser mais acessível. Apesar de a entrevista ter sido realizada em um local aberto, não encontramos maiores dificuldades em realizá-la, ela teve duração de 36 minutos e 30 segundos, que foram gravados com qualidade apesar do ruído local.

A entrevista com o professor do perfil B foi realizada no IFUSP, uma vez que esse professor além de lecionar no ensino médio também é monitor de uma das disciplinas oferecidas no curso de licenciatura em física do IF. Essa entrevista ocorreu sem maiores dificuldades, uma vez que foi realizada em um ambiente fechado e o entrevistado dispunha de todo tempo necessário para discutir todas as questões previstas no nosso roteiro. A duração dessa entrevista foi de 37 minutos e 49 segundos, que foram devidamente gravados.

A entrevista com o professor do perfil C, que em um primeiro momento seria realizada por videoconferência, por ele residir no Rio de Janeiro, foi realizada pessoalmente, uma vez que oportunamente esse professor participou de um congresso realizado na cidade de Jundiaí, que possibilitou nosso encontro. A entrevista teve duração de 41 minutos e 9 segundos, que foram devidamente gravados.

A entrevista com o professor do perfil D foi realizada no IFUSP, uma vez que ele é aluno do instituto. Esse professor não dispunha de muito tempo para realizar a entrevista, uma vez que o mesmo só tinha o horário do almoço disponível, assim essa entrevista necessitou ser fragmentada em duas partes, cada uma delas realizada em dias diferentes, essa foi a entrevista mais sucinta, pois o tempo total de gravação foi de 24 minutos e 40 segundos. Além disso, problemas com o gravador inviabilizaram a transcrição dos minutos iniciais da entrevista, entretanto essa dificuldade foi superada graças às anotações feitas durante a entrevista, e uma conversa por *e-mail*, que visava confirmar a interpretação dada nas anotações.

A entrevista com o professor do perfil E foi a única realizada por videoconferência, uma vez que não foi possível um encontro pessoal, já que esse professor se encontrava em outro estado. Apesar disso, foi uma entrevista muito proveitosa e dinâmica. A gravação da mesma foi realizada sem maiores problemas e contabilizamos 33 minutos e 7 segundos de áudio de qualidade.

2.3. Análise das entrevistas

Devido à imensidão dos dados obtidos com as entrevistas, em um primeiro momento foi preciso retomar as questões advindas do nosso problema de pesquisa, ou seja, o que de fato buscávamos com a entrevista para delimitarmos as diversas leituras possíveis das transcrições, para inicialmente nos debruçarmos sobre a importância dada por esses professores à inserção da cosmologia no ensino de física, e em um segundo momento para os problemas apontados por eles para tal realização.

Análise da pertinência dos perfis

Primeiramente decidimos verificar se cada professor entrevistado estava categorizado no perfil correto, ou seja, se nossa interpretação dada à resposta da questão (15) que gerou os perfis estava coerente com cada um deles, já que o questionário impõe muitas limitações.

Assim, nessa tentativa promovemos uma discussão, com base nos perfis, de forma indireta, a fim de gerar uma atmosfera descontraída, o que muitas vezes uma pergunta direta impossibilita. Apresentamos ao professor, no início de cada entrevista, a Tabela 15 “Perfil dos participantes pré-selecionados”, sem informar em qual categoria ele havia sido enquadrado. Feito isso, foi pedido que eles discutissem cada um dos seis perfis.

O professor do perfil A

Classificado segundo a importância que dava ao fato da cosmologia ser motivadora e gerar nos alunos certo interesse pelo mundo científico, esse professor mostrou durante a discussão dos perfis que o perfil mais importante para ele era de fato o **A**, como mostra sua fala abaixo:

“Eu acho que por ser uma área da física que eu me interesso bastante, que eu gosto, que eu percebo que é motivador, **talvez a linha que eu prefira mais seja a da motivação [...]**” (Professor do perfil A)

O professor do perfil B

Em nossa avaliação, esse professor considerava a cosmologia muito interessante graças à sua característica interdisciplinar, o que aparentemente mostrou-se coerente, pois durante a análise dos perfis ficou evidente a importância que o mesmo dava à questão da

interdisciplinaridade, fazendo-nos concluir que esse professor foi classificado em um perfil adequado.

“[...] **Esse interdisciplinar eu achei muito bom**, porque inclusive uma coisa que também desperta o interesse deles é quando a gente fala sobre a vida, ou a possibilidade de vida [...] “Então é possível ter vida?” [...] as próprias crianças vão atrás, perguntam ao professor de biologia, e voltam comigo, e eu vou lançando as perguntas.” (Professor do perfil B)

O professor do perfil C

Segundo nosso entendimento o professor classificado nesse perfil dava grande importância para o fato de a cosmologia contribuir na formação intelectual dos alunos, o que pode ser constatado na fala desse docente, assim consideramos que ele também foi colocado em um perfil adequado.

“Bom o perfil C ‘Contribui na formação intelectual dos alunos aprimorando sua visão de mundo.’ **Isso com certeza**, [...] É um tema muito rico, contribui muito para a formação dos alunos.” (Professor do perfil C)

O professor do perfil D

Classificamos nesse perfil os professores que aparentemente davam grande importância para o aspecto histórico e filosófico da cosmologia. Devido a falhas na gravação dessa entrevista, o trecho onde o professor discorre sobre os perfis foi perdido, entretanto através das anotações feitas durante a entrevista, foi possível perceber que esse professor defendia o uso da cosmologia sobre os aspectos de todos os perfis. Para confirmar seu perfil foi enviado a ele um *e-mail*, para que ele comentasse um pouco mais detalhadamente sobre o perfil D, como segue abaixo:

“Minha opinião é que é um tema cuja abordagem permite uma discussão mais aprofundada a cerca da natureza da ciência bem como uma discussão da elaboração da ciência como resultado de um processo histórico coletivo em que vários cientistas vão arguindo a fronteira do conhecimento de forma que a resultante desse processo coletivo de construção da ciência seja vista, pelos alunos, de uma forma natural e dentro de um processo histórico de uma época.” (Professor do perfil D)

Confirmando a interpretação do questionário e as anotações feitas durante a entrevista com relação à classificação desse professor.

O professor do perfil E

Durante a análise do questionário percebemos que esse professor tinha uma preocupação especial com as dificuldades, impostas pelo modelo atual dos currículos, para a implementação do ensino de cosmologia. Apesar disso, diante dos perfis esse professor achou o perfil B mais coerente, como mostra sua fala abaixo:

“O perfil B: ‘É um tema extremamente rico e interdisciplinar, que pode ser facilmente relacionado com outros temas da física e de outras disciplinas.’ **esse perfil foi com o qual eu mais me identifiquei**, eu não tenho nenhuma objeção a fazer, pois eu acho que o tema é muito interdisciplinar e dá para relacionar com diversos temas da física e em várias disciplinas.” (Professor do perfil E)

Apesar dessa inconsistência, é possível perceber em sua fala que ele também se familiarizou bastante com perfil E, apesar de não afirmar isso diretamente, mostrando que nossa classificação não era toda incoerente, é isso que fica claro em diversos momentos da entrevista, como nos exemplos abaixo:

“Perfil E ‘Primeiramente precisamos nos debruçar em alguns problemas como um currículo de física saturado para poucas aulas, a falta de formação dos professores, a cobrança *conteudista* dos vestibulares e etc.’ **Está correto, isso eu não nego, são problemas, não tem como fecharmos os olhos**, mas o que também não quer dizer que não podemos pensar em uma possibilidade de abordar a cosmologia por causa disso. [...] **Eu acho que o maior problema é encaixar a cosmologia no currículo que nós temos pelo vestibular**, o aluno quer o vestibular.” (Professor do perfil E)

Desta forma, entendemos que a classificação deste professore no perfil E foi coerente, apesar dele ter diretamente indicado que o perfil mais pertinente seria o B, o que não foi verificado em toda sua entrevista, uma vez que ele foi o professor que mais se ateu às dificuldades que a inserção do tema impõe.

Por fim, confirmamos todos os perfis selecionados no questionário, apesar das limitações a ele impostas. Com exceção do perfil seis que foi descartado após a análise das

entrevistas, uma vez que o mesmo se mostrou inconsistente com os dados da entrevista, além disso, era o perfil mais vago.

Apesar da confirmação dos perfis com as entrevistas em profundidade pudemos perceber que esses professores valorizam o ensino de cosmologia por motivos que iam além dos delimitados em seus perfis, assim, defenderam de forma mais consistente a inserção do tema nas aulas de física do ensino médio.

2.3.1. Análise das entrevistas por meio de mapas conceituais

Numa tentativa de simplificar a análise das entrevistas, e tornar os dados mais claros, as transcrições das entrevistas foram transformadas em mapas conceituais, onde apenas conceitos chaves, que visavam responder à nossa questão de pesquisa, foram usados. Desta forma, para elaborar os mapas conceituais buscamos conceitos pertinentes às possibilidades oferecidas pelo uso da cosmologia no ensino médio e as dificuldades de sua aplicação.

Desta forma, os mapas conceituais apresentados abaixo sintetizam os fatores mais relevantes, observados durante a transcrição e uma análise detalhada das entrevistas, para isso deixamos de lado alguns dados que não se mostraram importantes na elaboração dos mapas conceituais. Entretanto, as transcrições completas encontram-se no Apêndice C deste trabalho.

O professor do perfil A

Em uma olhada superficial no MC abaixo é possível notar que o professor do perfil A apresentou praticamente em mesma quantidade as possibilidades e as dificuldades para a inserção da cosmologia nas aulas de física. Durante toda sua entrevista fica evidente que esse professor é um defensor da utilização do tema como ferramenta de motivação, já que segundo ele gera nos alunos interesse pelo conhecimento científico e aumenta a participação dos mesmos nas atividades propostas.

Além disso, ele ressalta que a cosmologia já se encontra prevista no atual currículo de Física do estado de São Paulo, e que o tema facilita explorar HFC nas aulas de física, temática que geralmente é ignorada pela maioria dos professores.

Apesar disso, esse professor apresenta de forma clara diversos motivos pelos quais a cosmologia é ignorada nas aulas de Física, sendo que o principal fator advém das dificuldades

que a estrutura profissional dos docentes, principalmente da rede estadual de São Paulo, que impõe aos seus professores, salários extremamente baixos que os obriga a dar muitas aulas, e muitas vezes em diferentes escolas. Por conta disso, os professores não têm tempo e muito menos disposição para levar um assunto novo para suas aulas, já que isso requer um preparo que exige tempo e dedicação.

Além disso, esse professor faz uma crítica à possibilidade de usar a cosmologia como um tema gerador, já que o trabalho coletivo na escola é escasso, e assim a interdisciplinaridade, essencial ao tema gerador, é inexistente nas escolas.

Por fim ele relata que apesar do assunto ser muito motivador é necessário ter certa precaução, pois o tema pode despertar um embate religioso. Mas que a exploração de mitos de criação de antigas civilizações pode ser uma boa saída para debater o assunto e promover uma discussão construtiva sobre esse delicado tema.

Figura 66: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil A

O professor do perfil B

Este professor também aponta em igual número as possibilidades e as dificuldades, entretanto ele foca muito no trabalho interdisciplinar que a cosmologia pode proporcionar, ressaltando que os próprios alunos percebem a relação do tema com outras áreas do conhecimento e acabam questionando professores de outras disciplinas sobre algumas curiosidades.

Além disso, ele defende a possibilidade do tema servir como uma espécie de tema gerador para o ensino de física, contrariando a posição do professor do perfil A. Entretanto, ele também aponta que o trabalho interdisciplinar não é explorado na maioria das escolas. De forma semelhante ao professor anterior ele também cita que a cosmologia é indicada nos PCNs e ela facilita uma articulação com HFC.

Com relação às dificuldades esse docente aponta como principal fator a falta de interesse dos professores em inovar suas aulas, uma vez que muitos já possuem notas de aulas preparadas, as quais, muitas vezes, são do início da carreira, sendo assim, totalmente desatualizadas.

Ele também ressalta que muitos professores de física não têm formação específica na área, assim muitos desconhecem a cosmologia. Outro empecilho apontado é a saturação do atual currículo de física e a obrigatoriedade em seguir o Caderno do Aluno (material fornecido pelo governo do Estado de São Paulo). Além disso, ele ressalta que é preciso ter jogo de cintura para lidar com as questões advindas da questão religiosa, uma vez que a grande maioria dos nossos alunos é criacionista.

Figura 67: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil B

O professor do perfil C

Esse professor, assim como os anteriores, considera a cosmologia relevante para o ensino de Física por diversos motivos, como a possibilidade de ampliar a visão de mundo dos alunos, já que se trata de um conhecimento com uma imensa riqueza científica, cultural e social, e por ser um tema de interesse natural das pessoas acaba motivando os alunos durante as aulas de física. Entretanto, faz-se necessário que a abordagem seja eficiente, uma vez que uma abordagem deficiente, por mais motivador que o tema seja, torna a ação do professor sem efeito.

Outras possibilidades são apontadas por esse professor como a facilidade que o tema proporciona em trabalhar a HFC, a interdisciplinaridade inerente ao assunto, que pode até proporcionar um trabalho temático, onde a cosmologia serviria para o professor discutir conceitos físicos, que normalmente são abordados de forma tradicional.

Contudo esse professor também apresenta inúmeras barreiras que dificultam a introdução desse tema, seguindo a mesma linha dos professores anteriores, já que ele aponta como principais dificuldades a falta de formação dos professores de física, a saturação do atual currículo, a ausência do tema nos livros didáticos, a falta de tempo dos professores em preparar algo diferente do tradicional. Entretanto, ele ressalta que o principal motivo seja a falta de vivência do professor com o tema, uma vez que ele não teve contato com a cosmologia na graduação e nem no ensino médio, sendo assim é muito difícil o professor optar em trabalhar com um tema que ele não domina.

Figura 68: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil C

O professor do perfil D

O professor do perfil D, assim como os anteriores, defende o uso da cosmologia nas aulas de física, pois o assunto desperta tanto o interesse dos alunos que até as salas mais indisciplinadas da escola em que leciona, acabam progredindo quando ele leva assuntos relacionados à astronomia ou mesmo à cosmologia. Segundo ele o tema possibilita a exploração de filmes e séries de TV, mesmo que baseada em ficção científica, pois faz parte do universo de interesse da maioria dos alunos. Além disso, ele ressalta a importância de levar para a sala de aula informações sobre a atual exploração espacial, já que a temática também é muito bem aceita.

Contudo, ele também aponta algumas dificuldades, que praticamente são as mesmas citadas pelos professores acima, como a ausência da cosmologia nos cursos de formação de professores, o excesso de conteúdos no currículo de física, a imposição do “Caderno do Aluno”, que diminui a liberdade do professor em optar por determinados conteúdos, e a quantidade insuficiente de aulas de física.

Por fim, assim como os acima ele também acredita que o tema pode instigar uma discussão de cunho religioso, ainda mais fazendo uso de mitos de criação. Entretanto, essa dificuldade pode ser contornada com um prévio contrato com os alunos, deixando claro que o objetivo da aula não é uma discussão religiosa, mas sim uma análise sobre a evolução do pensamento humano com relação à origem do universo.

Figura 69: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil D

O professor do perfil E

Esse professor destacou mais os fatores negativos de um ensino de física temático baseado na cosmologia, o que pode ser observado no próprio MC abaixo que indica muito mais dificuldades do que possibilidades.

Além disso, quando ele afirma que a cosmologia estimula a curiosidade dos alunos, ele faz uma ressalva destacando que isso não é uma regra, pois ele conhece alunos que não se interessam pelo assunto. Segundo ele o ponto mais positivo que essa abordagem possibilita é o trabalho interdisciplinar, já que a cosmologia pode envolver a maioria das disciplinas no ensino médio. Ele também se mostrou favorável à utilização de mitos de criação, pois isso pode ampliar a visão de mundo dos alunos, fazendo-os refletir sobre as nossas concepções e comparar com as de outras civilizações.

É possível perceber sua preocupação com a rigidez do currículo de física e a cobrança dos vestibulares e, como o tema não está presente nos livros didáticos e é muito discreto no currículo, os vestibulares acabam ignorando a cosmologia. Desta forma, trabalhar com a cosmologia pode ser algo desnecessário, uma vez que para esse docente o ingresso do aluno na universidade é um dos seus objetivos.

Além disso, ele também discorre sobre a falta de professores qualificados e a ausência de disciplinas relacionadas ao cosmo na graduação. E a ausência de uma proposta eficaz para essa aplicação dificulta ainda mais a exploração do universo em sala de aula, ressaltando que uma tentativa nessa direção veio com o “Caderno do Aluno”, entretanto, segundo ele, essa articulação não foi bem elaborada.

Por fim, assim como os demais, esse professor concorda que a cosmologia pode incitar uma discussão religiosa, mas se bem aproveitado, pode ser uma boa oportunidade de ensinar o respeito à diversidade religiosa.

Figura 70: Mapa Conceitual da entrevista com Professor do perfil E

2.4. A Cosmologia e as possibilidades nas aulas de física

O interesse e a curiosidade

Como já era previsto em nossa hipótese, em diversos momentos das entrevistas confirmamos de forma direta e indireta o interesse, a motivação e a curiosidade que a cosmologia gera nos alunos, principalmente na fala dos professores A, B e D, como mostram os trechos abaixo:

“Mas a cosmologia por ter essa questão motivadora, **os alunos adoram, no geral os alunos adoram, eles ficam fascinados pela descrição do universo** [...] eu percebo que é motivador, talvez a linha que eu prefira mais seja a da motivação [...] é um conteúdo interessante, é motivador.” (Professor do perfil A)

“E os alunos se interessam bastante?” (Entrevistador)

“**Bem mais do que com a física clássica**, eu comecei a expandir nas outras séries por conta disso.” (Professor do perfil B)

“Então você acha que a cosmologia desperta bem o interesse dos alunos?”
“(Entrevistador)

“Nossa desperta! Desperta bem, eu tenho salas de primeiro ano, eu dou cosmologia nos primeiros anos, por exemplo, tem dois primeiros anos [...] que nenhum professor consegue entrar, porque é uma bagunça [...] **mas com a cosmologia eles começaram a fazer, até os alunos que dão maiores problemas começaram a fazer e até a perguntar.**” (Professor do perfil D)

Segundo a perspectiva desses professores é fácil perceber o interesse dos alunos pelo tema, e isso pode ser um fator fundamental para o ensino, pois a predisposição em aprender é indispensável para que ocorra a aprendizagem significativa, como defende Ausubel. Em outro trecho fica ainda mais evidente essa curiosidade pelo tema, uma vez que os próprios alunos pedem para o professor discutir a origem do universo.

“Mas você já chegou a levar o *Big Bang* para a sala de aula?” (Entrevistador)

“Já! **Eu nem preciso levar, os alunos já trazem**, e só começar a falar de astronomia, universo em algum momento da primeira ou segunda aula, que você trabalha com esse tema, os alunos já falam de *Big Bang*.” (Professor do perfil A)

Já o professor do perfil C foi mais reservado, pois, segundo ele, mais importante que o assunto em questão é a forma de abordagem, ou seja, é necessária uma metodologia de ensino eficiente para que a relação de mediador, que o professor deve manter entre o aluno e o conhecimento, possa ser eficiente. Ressalva que é totalmente coerente já que a prática docente, em qualquer área do conhecimento, exige essa habilidade do professor.

“Essa coisa da motivação depende de como isso vai ser passado para o aluno, qual o viés, pois se você só escrever no quadro algo sobre cosmologia possivelmente isso também não vá interessar muito aos alunos [...] mas estão tem essa forma da abordagem, **pois o assunto pode ser ótimo, mas uma abordagem maçante, chata, desanima qualquer um.** [...] a forma que foi abordada, pois eu posso colocar qualquer coisa no currículo, mas se for a mesma abordagem tradicional, aquela coisa vou ao quadro, explico, passo exercícios do livro, para mim isso não tem resultado.”
(Professor do perfil C)

Da mesma forma o professor do perfil A destaca a importância de uma abordagem adequada do tema, uma vez que mesmo um assunto de interesse comum aos alunos, pode se tornar desprovido de significado se a metodologia for pobre e descontextualizada.

“E a questão é assim, você ensinar para o aluno $F = m.a$ e ensinar, por exemplo, os trabalhos do Einstein $E = m.c^2$, da maneira como está a estrutura de ensino hoje em dia tanto faz ensinar $E = m.c^2$ ou $F = m.a$. [...] **tanto a segunda lei de Newton como a teoria da relatividade trabalhada na sala de aula sem laboratório, sem discussão, sem pesquisa ela é abstrata, ela não faz sentido,** ela só serve para fazer exercícios e tirar nota na prova, no geral é isso que acontece na maioria das escolas [...]” (Professor do perfil A)

Já o professor E, apesar de concordar que a cosmologia tem um papel importante em despertar o interesse da maioria dos alunos para a ciência, ressaltou que isso não é uma unanimidade, uma vez que ele já se deparou com alunos que não se interessam pelo assunto.

“[...] eu concordo parcialmente, concordo que muitos alunos se interessam inclusive alunos que não têm interesse por ciências, isso eu noto, mas eu não gosto de generalizar ou tomar isso como pressuposto porque **eu conheço alunos que não gostam de cosmologia,** independente de gostarem de ciências ou não.” (Professor do perfil E)

A curiosidade apresentada nos trechos acima, em um primeiro momento pode ser considerada ingênua, desprovida de um pensar crítico e científico, uma vez que muitos alunos possuem uma ideia mágica, religiosa e até mesmo esotérica sobre a cosmologia. Entretanto,

segundo Paulo Freire, tal curiosidade não deve ser desconsiderada, uma vez que através dela os alunos podem alcançar a curiosidade epistemológica, muito importante para o aprendizado. Dessa forma, com a abordagem adequada, a cosmologia pode contribuir em muito para o ensino de ciências, uma vez que podemos trabalhar a curiosidade natural dos alunos pelo tema.

A interdisciplinaridade e a cosmologia como tema gerador

Segundo o professor A, a cosmologia faz parte do universo vocabular dos alunos “[...] *quando você toca no assunto eles adoram então você vê que está no imaginário deles, [...], já a física não está no imaginário deles [...]*”. Pensando na teoria de Ausubel a cosmologia pode ser considerada significativamente relevante, uma vez que os alunos se interessam pelo tema e possivelmente tenham *subsunçores*. Contemplando assim dois dos três fatores fundamentais indicados por Ausubel, discutidos no capítulo 3 da Parte I.

Isso também pode possibilitar que a cosmologia seja uma espécie de tema gerador, uma vez que para Paulo Freire um dos fatores mais importantes é escolher temas que façam parte do universo vocabular dos alunos, e o estudo da origem do universo por sua vez, é um tema que contempla essa característica.

Além disso, o tema gerador nos termos de Freire exige um amplo trabalho coletivo que pode ser facilitado com o uso da cosmologia, já que se trata de um assunto muito interdisciplinar, pois facilmente se relaciona com diversas áreas do conhecimento, e isso pode ser explorado de forma positiva no ensino, como é defendido pela grande maioria dos educadores.

“Mas deixa-me ver o perfil B: ‘É um tema extremamente rico e interdisciplinar, que pode ser facilmente relacionado com outros temas da física e de outras disciplinas.’ **Isso com toda certeza** [...], pois na questão interdisciplinar podemos entrar com a filosofia, com a religião.” (Professor do perfil E)

“**Então dá para você trabalhar muito com a interdisciplinaridade** de conteúdos de física, química e matemática [...]” (Professor do perfil D)

“O perfil B [...] esse perfil foi com o qual eu mais me identifiquei, eu não tenho nenhuma objeção a fazer, **pois eu acho que o tema é muito interdisciplinar e dá para relacionar com diversos temas da física e em várias disciplinas.**” (Professor do perfil E)

Muitas vezes os alunos percebem a natural relação da cosmologia com outras disciplinas, como cita o professor B que, ao discutir a possibilidade da existência de vida extraterrestre, notou os próprios alunos procurarem o professor de biologia.

“Esse interdisciplinar eu achei muito bom, porque inclusive uma coisa que também desperta o interesse deles é quando a gente fala sobre a vida [...] E isso me ajudou a debater com o professor de biologia [...] as próprias crianças vão atrás, perguntam ao professor de biologia, e voltam comigo, e eu vou lançando as perguntas.” (Professor do perfil B)

Porém, apesar da interdisciplinaridade ter sua importância consolidada ela ainda é muito pouco explorada nas escolas, já que no geral não existe um trabalho coletivo, pois na grande maioria das vezes os professores trabalham isolados em suas disciplinas, e no geral não são incentivados nessa direção.

“A questão interdisciplinar eu não ligaria exatamente com a cosmologia, porque no geral o que eu tenho visto nas escolas é que **cada professor trabalha de maneira independente,** você não tem tempo, pelo menos nas escolas que eu já trabalhei, **em nenhum momento você é incitado a trabalhar coletivamente.** Então o professor de física trabalha ele com ele mesmo [...]” (Professor do perfil A)

“Mas eu vejo um problema que acontece [...] se eu não estou preparado eu vou atrás, mas a maioria dos colegas de profissão, infelizmente não vão muito atrás. Então, apesar de ser interdisciplinar, eu vou ter que bancar o “cara” que vai ter que entender um pouco mais de química para falar, um pouco mais de biologia para falar, **porque os outros ou não estão interessados, é um pouco difícil encontrar na rede,** eu trabalho só na rede estadual, é difícil encontrar isso.” (Professor do perfil B)

“Elas são muito individuais mesmo, às vezes eles falam umas coisas que eu fico perplexo.” (Professor do perfil C)

Isso pode dificultar o uso da cosmologia como tema gerador, uma vez que para isso o trabalho coletivo é indispensável.

“Agora como tema gerador, eu vejo a questão do tema gerador como um tema muito interdisciplinar, uma proposta de trabalho coletivo, em conjunto. A meu ver o trabalho coletivo nas escolas está escasso, não sei se eu estou muito pessimista com relação a isso, mas eu não vejo trabalho coletivo nas escolas, cada professor dá sua aula, vai embora, vai para outra escola, nenhum professor trabalha em uma escola só, cada um dá suas aulas e vai embora, não tem trabalho coletivo, a não ser uma festa, uma gincana ou alguma coisa assim. Então, eu não acho possível

essa ideia de trabalhar a cosmologia como um tema gerador para o ensino de física.”
(Professor do perfil A)

Apesar dessa dificuldade, esses professores não descartaram a possibilidade de trabalhar a cosmologia como um “minitema gerador” nas aulas de física, pois na impossibilidade de realizar um trabalho coletivo com outros professores, o assunto pode ser explorado para abordar tópicos tradicionais da física sob um viés da cosmologia. Como é possível perceber na fala desses professores quando questionados sobre essa possibilidade:

“Eu não só acho que é possível, como eu acho que é necessário, não dá mais para você tentar, já não dá faz tempo, você não pode ensinar a física como qualquer coisa, de qualquer jeito, tem muito conteúdo, você não vai abarcar todos os conteúdos, porém dependendo da turma, da sala, da escola, você nesse conjunto consegue encontrar a temática que vai melhorar mais. Na minha experiência em sala de aula na rede pública de noventa e oito até agora, eu vi é que a temática astronomia e cosmologia chamam bem mais a atenção [...]” (Professor do perfil B)

“Isso dá certo! Isso dá certo porque eles gostam, são curiosidades, sempre ouviram, enfim eles têm aquela ânsia pelo assunto.” (Professor do perfil C)

“Funciona, por exemplo, talvez não tenha essa dimensão que você está propondo no seu trabalho, uma sala que é difícil dar aula, ou melhor, duas salas que eu tenho que é difícil trabalhar física normal, mas, por exemplo, um tema que chamou a atenção deles foi a cosmologia, e dentro desse tema eu puxei [...] a cinemática [...], então você insere um monte de conceitos que normalmente é meio chato para o aluno [...] Mas **quando está dentro de um contexto que eles gostam flui melhor** até as dúvidas ficam melhor para serem resolvidas. Acho que sua proposta é boa.”
(Professor do perfil D)

A cosmologia é sugerida nos PCNs

Outro fator, apontado por esses professores, que vem a colaborar com a inserção da cosmologia é o fato dos “Cadernos do aluno” fornecidos pelo Governo do Estado de São Paulo, que “remete aos PCNs e PCNs+”, já incorporaram o assunto, o que facilita a inserção da cosmologia graças ao tema “Universo e Vida”.

Mitologia nas aulas de física

Como foi bastante explorado neste trabalho, acreditamos que os mitos de criação possam ter uma importância significativa no ensino de física, no caso cosmologia, uma vez que remete à origem do pensamento filosófico que posteriormente com os gregos tornou-se um pensamento mais crítico, deixando de lado o caráter religioso até culminar no pensamento científico. Desta forma, a exploração de modelos cosmogônicos poderia colaborar para um entendimento de como se desenvolveu o pensamento humano, desde os mitos mais simplistas, aos mais elaborados que possibilitaram o nascimento da filosofia e posteriormente da ciência.

Apesar de tal importância, nossa hipótese inicial era a de que muitos professores seriam contra esse tipo de abordagem, uma vez que não se trata de um pensamento científico, mas contrariando nossa expectativa inicial os professores entrevistados se mostraram favoráveis a trabalhar os mitos em suas aulas, entretanto alguns fizeram algumas considerações sobre a importância de relacionar os mitos com conhecimento físico a ser abordado.

“Olha! **Eles adoraram quando eu falei do mito oriental [...]**” (Professor do perfil B)

“Eu acho que sim! **Desde que dê para discutir porque isso está ali dentro do curso, dentro da aula de física eu acho que sim.**” (Professor do perfil C)

“[...] Então acho que daria para trabalhar sim, **os mitos se inserem possibilitando questões multidisciplinares**, abrindo até para a questão humana, a questão religiosa, de como o cara vê sem ter nenhum instrumento para analisar, então ele começa a achar, ele acha isso, acha aquilo.” (Professor do perfil D)

“Agora o que eu **acho interessante no mito de criação** é que nos faz pensar sobre o nosso, sobre a nossa visão.” (Professor do perfil E)

Em contrapartida o PA enxerga muitas dificuldades nessa abordagem, seguindo o mesmo raciocínio quando criticou a relação da cosmologia como um tema interdisciplinar, discutida acima. Esse professor aparentemente se encontra sobrecarregado com excesso de aulas, e cansado da falta de políticas para melhorar a qualidade do ensino. Em sua fala é possível perceber que apesar de achar muito difícil trabalhar mitos de criação nas aulas de física, ele acredita que se existisse uma condição favorável isso seria interessante, como mostra esse trecho:

“[...] Mas eu acho que trazer esse tipo de discussões sobre mitos, religiões ou o que quer que seja exige uma preparação bem cautelosa, **e eu acho que é válido, se é**

para defender eu defendo que é válido, mas que é difícil é, pelo menos eu que nunca estudei isso teria que estudar, algo extra e eu não me disporia não, da maneira que eu estou ultimamente eu não me disporia.” (Professor do perfil A)

Durante as entrevista pudemos perceber que além dos professores concordarem com a discussão a respeito dos mitos cosmogônicos nas aulas de física, eles também demonstraram certo interesse pelo assunto, já que a maioria citou durante a entrevista detalhes sobre algum mito que eles conheciam, e alguns relataram experiências com o assunto em sala de aula.

“Os indianos vêm com as ideias dos Kalpas, [...] que é o infinito, usado para significar a escala de tempo, [...] era semelhante a não sei quantos milhões de anos-luz, tinha certa lógica entendeu, a mesma coisa que um índio falar que da constelação de scorpion, ele fala que é o escorpião, ou o cachorro e tal, mas aquilo são as estrelas, eles têm um fundamento, por isso que eu acho que dá para associar com a ciência.” (Professor do perfil D)

“Sim, sim! Eu me lembro de ter lido **há algum tempo o Bhagavad Gita e o Tao Te Shing, que eu gostei muito**, e tem muito disso dos opostos, uma simetria no universo, essa ideia de simetria que eu acho que está presente na física com força, então a física é simétrica, grande parte de sua teoria é simétrica e nos mitos essas ideias simétricas aparecem.” (Professor do perfil A)

“Olha! Eles adoraram quando eu falei do mito oriental, [...] **A Terra em cima da água [...] que está em cima de um elefante, que está em cima de uma tartaruga, e eles adoraram!** [...] Eles adoraram aquilo, “E resolve vamos ver se resolve? vamos ver se resolve”, então eu gosto de falar sobre o modelo [...]. É divertido! Então eu coloco também a cosmogonia, eu sempre achei interessante particularmente eles gostam.” (Professor do perfil B)

Segundo o PB, além dos alunos gostarem do assunto, o tema gerava uma situação problematizadora nos termos de Freire, ou uma atmosfera de aprendizagem significativa para Ausubel, onde os alunos de certa forma compreendiam a visão de mundo de um determinado povo, durante a discussão dos fatores mais peculiares dos modelos cosmogônicos, e assim, ficavam cada vez mais interessados pelo assunto.

Em suma, muitos foram os fatores positivos apontados por esses professores para a inserção da cosmologia nas aulas de física do ensino médio. A fim de tornar esses fatores mais evidentes, elaboramos um mapa conceitual onde condensamos o ponto de vista de todos os professores sobre tais possibilidades.

Figura 71: As possibilidades que a cosmologia oferece nas aulas de física segundo os entrevistados

As dificuldades na inserção do tema

Defendemos a exploração da cosmologia nas aulas de física do ensino médio por entendermos que o assunto pode enriquecer o ensino de ciências, apesar disso, é fácil perceber que o tema é praticamente ignorado pela maioria dos professores de física. Desta forma, um dos objetivos desse trabalho é justamente entender por que os professores de física não se apropriam desse assunto em suas aulas, uma vez que o fator motivador facilita o processo de ensino-aprendizagem. Como Ausubel prevê, um dos fatores essenciais para que ocorra a aprendizagem significativa é justamente a predisposição do aluno em aprender, fator que a nosso ver pode ser contemplado com o uso da cosmologia, haja vista o interesse dele pelo assunto.

Os professores participantes desta pesquisa, imersos na realidade das escolas públicas do ensino médio e com um apreço considerável pela cosmologia, além de apresentarem muitos fatores positivos para sua inserção no ensino de física, também nos indicaram as dificuldades impostas pela atual realidade escolar, que acaba dificultando a inserção de inovações didáticas como a exploração da cosmologia.

Falta de formação adequada

Um dos problemas mais recorrente na fala dos professores, e de amplo conhecimento, é que a maioria dos professores, que leciona física na rede pública, não possui formação específica de física⁹⁷, ou seja, são graduados em outras áreas do conhecimento, em sua maioria matemáticos. Sendo assim, não receberam formação adequada para trabalhar com física, e muito menos com cosmologia, uma vez que os próprios licenciados em física, na maioria das vezes, também não têm contato com o assunto durante sua formação, como apontam os entrevistados:

“Formação do professor eu acho que é forte também, na minha formação **eu tive aulas de gravitação, cosmologia e astronomia, algumas por interesse meu, pois eu fiz muitas disciplinas no IAG que eram optativas**, mas eu acho que a maioria dos cursos de formação não oferece, apesar de eu não ter dados, mas não oferece uma formação adequada para esse assunto. Lá na USP a única obrigatória é gravitação que não é voltada para cosmologia, mas sim para gravitação, e tem alguns professores que trabalham ela de maneira bem fria mesmo, sem história, sem

⁹⁷Dados que não concordam com a amostra de professores pesquisados nesse trabalho, como discutido na página 152.

epistemologia, sem cosmologia enfim. [...] eu acho que os problemas principais são o tempo do professor e a formação, são esses pontos que eu acho que deveria ser tratado com mais carinho.” (Professor do perfil A)

“[...] Aqui no IFUSP nós temos uma disciplina de astronomia obrigatória, se eu não me engano, **nem sei se é obrigatória** mais, não sei nem se era obrigatória na minha época [...]” (Professor do perfil B)

“A resposta é fácil! **Na graduação o professor não viu isso**, no ensino médio dele provavelmente não viu isso, então é algo estranho para 99% dos professores de física. [...] Mas eu acho que os professores de física não falam porque não têm essa vivência, porque não têm essa formação.” (Professor do perfil C)

“[...] a dificuldade é que eles não conhecem também, então **essa é uma deficiência na formação do professor**, [...] Eu acho que o problema é a falta de formação, porque quando eu falo esses professores acham legal, só que eles ficam limitados não conseguem dar um passo, eu acho que é uma limitação do conteúdo deles.” (Professor do perfil D)

“Bom! Muitos professores não vão ter formação para abordar esse tema [...], **mas na faculdade eu tive uma disciplina de introdução à astronomia que era optativa** no curso de licenciatura, então talvez eu nem tivesse feito por ser optativa [...]. Bom! Se para mim, que tenho licenciatura em física, ela era optativa, então é complicado você exigir o professor de trabalhar esse assunto, pois se não tem professor que domina o assunto esse tema não vai ser trabalhado.” (Professor do perfil E)

Problemas referentes à formação docente na área de astronomia já vêm sendo bem explorados por estudiosos da área. Torna-se cada vez mais evidente a necessidade de que esse tema seja incorporado na formação dos docentes, para que mudanças positivas no processo de ensino-aprendizagem em astronomia comecem efetivamente a ocorrer (Langhi, 2009). Apesar disso, no geral, os professores só têm contato com astronomia ou cosmologia na pós-graduação.

“[...] segundo a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em geral, somente aqueles jovens físicos que se encaminham para uma pós-graduação, em alguma área diretamente vinculada a problemas de cosmologia, por exemplo, conseguem, pela complementação de seus estudos em centros de pós-graduação, obter uma base adequada de conhecimentos sobre o Universo.” (Langhi, 2010, pg. 206)

Obviamente os problemas referentes à má formação de professores de ciências vão muito além da deficiência em astronomia. Um dos mais evidentes talvez seja que a *formação*

dos licenciados esteja mais centrada sobre o projeto de fazer deles técnicos de ciências do que de fazê-los educadores. (Fourez, 2003, pg. 111). Entretanto, muito mais grave que uma formação deficitária é um docente sem formação. Situação que é facilmente observada nas escolas, já que a maioria dos professores não tem formação específica na área física. Esse fato já é muito conhecido pelos pesquisadores da área de ensino de física, pois o número de docentes lecionando física nessa situação é maior do que o número de licenciados em física, como aponta o MEC (Inep, 2009). E esse fato não foi esquecido pelos entrevistados:

“O professor em si, e eu vi isso aqui na USP, nos cursos de verão e de inverno, vi nesses cursos, vi nos encontros, **que boa parte dos professores de física atuantes na rede, não são físicos, não são da área de física**, então isso já é um grande problema, ou é um professor de matemática, ou um de química, ou um de biologia que teve alguma coisa de física, um professor de ciências.” (Professor do perfil B)

“[...] **a maioria dos professores de física não são formados em física**, quantos professores conhecem esse assunto para trabalhar isso em sala de aula, deve ser 1% ou 2%, uma porcentagem mínima [...]” (Professor do perfil E)

Fatalmente, além desse problema gerar um ensino de física deficitário, acaba sendo um obstáculo para a inserção da cosmologia, uma vez que possivelmente esses professores nunca tenham tido um curso relativo à astronomia, muito menos à cosmologia. Assim, se considerarmos que grande parte das aulas de física é lecionada por esses professores, só isso já bastaria para compreender porque a cosmologia é basicamente ignorada no ensino médio. Abaixo um trecho da fala do PB que reflete bem a impossibilidade desse professor trabalhar cosmologia.

“Então ele mal consegue trabalhar algumas equações básicas da cinemática, **e assim ele passa o ano inteiro falando de cinemática, MU e MUV**. Ele acha que ele ensinou física, que ele trabalhou com física, **então no primeiro ano se ele não der cinemática ele acredita que não deu o primeiro ano**. Ele não consegue nem chegar à astronomia, então em vez dele chegar à astronomia para ele poder puxar ou fazer qualquer outra coisa, um gancho para trajetória, para velocidade, leis de Kepler, de uma forma indireta a lei das áreas para falar de velocidade, na minha opinião ele faz porque não está preparado [...]” (Professor do perfil B)

As dificuldades do trabalho interdisciplinar

Outra dificuldade apontada pelos professores é a falta de trabalho coletivo nas escolas e, como a cosmologia é um assunto muito interdisciplinar, essa seria uma das dificuldades

encontradas pelos professores que desejassem trabalhar toda a riqueza que o tema oferece, uma vez que segundo os professores entrevistados o trabalho coletivo na maioria das escolas é inexistente, e na maioria das vezes inviável.

“[...] o que eu tenho visto nas escolas é que cada professor trabalha de maneira independente, você não tem tempo, pelo menos nas escolas que eu já trabalhei, em nenhum momento você é incitado a trabalhar coletivamente. Então o professor de física trabalha ele com ele mesmo, [...]” (Professor do perfil A)

“[...] Esse interdisciplinar eu achei muito bom, [...], apesar de ser interdisciplinar, eu vou ter que bancar o “cara” que vai ter que entender um pouco mais de química para falar, um pouco mais de biologia para falar, porque os outros ou não estão interessados, é um pouco difícil encontrar [...]” (Professor do perfil B)

“[...] Uma das dificuldades da escola é trabalhar a interdisciplinaridade, pelo menos nas escolas que eu passei, os professores são muito individuais.” (Entrevistador)

“Elas são muito individuais mesmo, às vezes eles falam umas coisas que eu fico perplexo.” (Professor do perfil C)

Apesar das dificuldades do trabalho interdisciplinar, é possível que esta dificuldade também esteja relacionada, mesmo que de forma indireta, com deficiências em sua formação, já que o trabalho interdisciplinar ou é pouco explorado na graduação, ou o é de forma superficial, como destaca Fourez:

No melhor dos casos, eles praticaram a interdisciplinaridade, mas sem engajar uma reflexão sistemática a seu respeito. Muitos limitam, além disso, a noção de interdisciplinaridade ao cruzamento de disciplinas científicas escolares (física, química, biologia). (Fourez, 2003, pg. 111)

Contudo, a própria divisão das disciplinas em áreas específicas do conhecimento, como química, física, biologia...visa a formação de especialistas, apesar de não impossibilitar o trabalho interdisciplinar, porém é mais uma dificuldade a ser superada. Segundo Fourez, o ideal seria um viés voltado para a formação cidadã, com frentes temáticas que se relacionam e fazem parte do universo dos alunos, como o ambiente, poluição, tecnologia, medicina, conquista espacial, história do universo e dos seres vivos, entre muitos outros (Fourez, 2003, pg.113), remetendo ao tema gerador de Paulo Freire.

Pode-se, com efeito, suspeitar que os cursos de ciências centrados muito cedo nas especialidades não motivam tantos jovens para uma carreira científica. (Fourez, 2003, pg.114)

Todavia, a impossibilidade de trabalhar a cosmologia de forma integrada com as outras disciplinas não impede diretamente um docente de explorar o tema em suas aulas, uma vez que se pode optar por trabalhar o tema individualmente. Embora trabalho interdisciplinar seja muito mais interessante, já que pode proporcionar aos alunos uma riqueza infinitamente maior do conhecimento.

A falta de interesse dos professores

Outra dificuldade apontada é a aparente falta de interesse dos professores em levar um conteúdo novo para sua aula, uma vez que para isso seria necessário uma disposição em se atualizar. Como quase a totalidade dos professores de física não tiveram disciplinas relacionadas à cosmologia em sua formação, seria necessário que o próprio professor buscasse esse conhecimento para preparar sua aula, porém, os professores entrevistados afirmam que a maioria dos docentes não tem esse perfil.

“[...] historicamente esse não é um tema trabalhado em sala de aula, a grande maioria dos professores já tem uma historia no ensino, e **ele vai dar continuidade àquilo que ele está trabalhando há vinte anos** e tem dado certo.” (Professor do perfil A)

“[...] o professor que já dá aula há dez, quinze anos, vinte anos, nunca trabalhou astronomia, **ele já tem o caderno dele com o currículo preparado para o ano inteiro**, então que chegue cosmologia ou astronomia nos livros do PNLEN ou nos caderninhos do estado o professor não vai parar para estudar aquilo lá, **ele não tem tempo para isso, ele não tem disposição, ele não tem incentivo para parar e estudar**, por mais que ele saiba que é um tema interessante, ele vai ter que preparar lista de exercícios que ele nunca preparou, vai ter que preparar provas que ele nunca preparou [...]” (Professor do perfil A)

“[...] falta isso, acho que falta curiosidade para o professor [...] **não tem uma disposição em se atualizar do próprio professor de física**, então além da rede já ter professores de outras áreas, complica! Os de física já têm dificuldade em se atualizar [...]” (Professor do perfil B)

“[...] Mas eu acho que o problema é a vivência dele mesmo, os professores estão acostumados, **tem professor que tem aquele caderno de notas de aula amarelado**

da época que ele começou a dar aula, que é muito igual ao método do professor com quem ele aprendeu a dar aula. [...]” (Professor do perfil C)

Apesar da crescente desvalorização dos professores de todas as áreas, que muitas vezes pode causar certo abatimento, levando-os a desacreditar do papel fundamental que exercem na vida de seus alunos, e até mesmo a desistir da busca constante pela ação reflexiva em suas aulas, faz-se necessário que eles não deixem de lado suas responsabilidades de agentes transformadores, responsáveis por estimular seus alunos em direção ao conhecimento científico, e mediar essa relação. Pois apesar de todas as dificuldades que a carreira docente impõe, não é aceitável o abandono dessa mediação por parte dos professores. E para isso é necessária uma constante busca pela formação.

Os baixos salários e o excesso de aulas

Os professores que têm interesse em se manter atualizados, em buscar novos assuntos para suas aulas encontram uma barreira imposta pela estrutura profissional oferecida nas escolas estaduais. Os baixos salários obrigam esses professores a assumir um número excessivo de aulas para poderem receber um salário razoável. Assumindo a carga máxima de horas aulas (40 horas semanais, sendo 32 em sala de aula e 3 ATPC⁹⁸) no estado de São Paulo, um professor iniciante recebe R\$ 2.257,84, podendo chegar a R\$ 6.390,78, entretanto são raros os casos de professores que atingem o teto, ficando a maioria com salários próximos ao de um professor iniciante.

Além disso, a partir desse ano (2014) os professores podem assumir uma segunda jornada com um contrato temporário⁹⁹, assim pode-se chegar ao total de 64 horas aulas semanais em sala com alunos mais 6 HTPCs. Isso que certamente inviabiliza qualquer intenção de elaborar novas aulas, por parte desses professores.

O professor A faz um discurso voltado para essas dificuldades, que a grande maioria dos professores estaduais enfrenta diariamente, assim, além de não ter disposição para inovar em sala de aula, eles também não têm tempo.

“Primeiro é o tempo de estudo, o professor não tem tempo, ele não é pago para estudar e ninguém quer trabalhar de graça, eu acho isso um motivo muito importante, o professor não é pago para estudar, então não tem como [...] a estrutura

⁹⁸ Aula de Trabalho Pedagógico Coletivo.

⁹⁹ O professor pode acumular o cargo efetivo com um novo contrato como temporário.

profissional não permite, o salário é baixo comparado a outros, o mais baixo possível, o professor se sente desmotivado porque ele precisa dar muitas aulas para ter um salário razoável. Além disso, na maioria das escolas o professor é pago para dar aula e não para pesquisar, não é pago para estudar [...] ele é pago para entrar na sala de aula e dar aula, então ele não vai tirar o sábado e o domingo dele para preparar esse material.” (Professor do perfil A)

Desta forma, segundo esse professor, a dificuldade mais importante é a precária situação profissional dos professores.

“[...]o professor é pago para dar aula e não para pesquisar, não é pago para estudar, e ele já tem o caderno dele com o currículo preparado para o ano inteiro [...] ele não tem disposição, **ele não tem incentivo para parar e estudar** [...]” (Professor do perfil A)

A rigidez do currículo de física e a cobrança conteudista dos vestibulares

Outra dificuldade citada remete aos cadernos fornecidos pelo Governo do Estado de São Paulo, que apesar de serem baseados nos PCNs e PCNs+ e terem um tema onde a cosmologia é discutida, muitas escolas impõem o preenchimento completo de tais cadernos, tirando assim a liberdade dos professores. Entretanto, essa imposição não é regra em todas as escolas, uma vez que o PA não encontra esse tipo de dificuldade e, segundo ele, nunca o questionaram sobre o que ele faz em sala de aula. Apesar disso, é fato que algumas escolas fiscalizam o preenchimento dos cadernos, o que pode dificultar a inserção da cosmologia.

“Essas dificuldades impostas pelo governo eu acho até meio relativa, pelo seguinte motivo, eu trabalhei no estado por três anos **ninguém nunca me perguntou o que eu estava fazendo em sala de aula.**” (Professor do perfil A)

“[...] ele está inventando coisa, está saindo do caderno do aluno (fornecido pelo governo). E depois, isso eu sei por que eu vi, o supervisor vai passar, **o supervisor em ensino, vai passar para vistoriar os cadernos dos alunos** para saber se está aplicando o caderninho.” (Professor do perfil B)

Além disso, o próprio currículo de física dificulta qualquer inovação, uma vez que o mesmo se encontra saturado de conteúdos, e seu cumprimento é inviável com apenas duas aulas semanais.

“[...] no Rio de Janeiro nós tivemos uma reformulação do currículo, **o currículo é o “currículo mínimo”, mas até no mínimo a grande dificuldade que temos só dois**

tempos semanais, mesmo o mínimo, um encontro com 100 minutos com uma turma ao longo de uma semana é muito pouco, [...] meu grande questionamento não é sobre o conteúdo, pois o grande problema é a falta de tempo.” (Professor do perfil C)

Somado a isso temos a cobrança conteudista dos vestibulares que colabora com a saturação do currículo, uma vez que a cobrança de diversos assuntos físicos é cada vez mais recorrente nessas avaliações. Assim cada vez mais é deixada de lado a aprendizagem em prol do reducionismo curricular (Siqueira, 2012), como fica evidente na fala do professor PE:

“[...] **Por que o vestibular faz exigências**, não tem como falarmos que não, o aluno quer, o pai do aluno quer, então não dá para falarmos que o vestibular não é importante, é claro que ele é. [...] **o maior problema é encaixar a cosmologia no currículo e a cobrança que nós temos pelo vestibular**, o aluno quer o vestibular, e o vestibular não aborda cosmologia, eu acho que muitos professores sentem a necessidade de ensinar o currículo mínimo para passar no vestibular. [...] nós temos uma malha curricular que dificulta muito, já existem muitas ideias de inserir cosmologia, mas sempre para nessa amarra que é o nosso currículo e a cobrança dos vestibulares.” (Professor do perfil E)

Naturalmente existe por parte dos professores uma responsabilidade em seguir o currículo proposto, e cobrança conteudista da maioria dos vestibulares reforça essa ação, tornando o currículo cada vez mais rígido, impossibilitando a inovação.

[...] Então tem um problema histórico de quebra de paradigma do currículo de física [...]. (Professor do perfil A)

[...] o medo de alterar a ordem, quando nós mexemos no currículo causa um pavor nos professores, se tirar cinemática do currículo os professores têm um infarto. (Professor do perfil C)

[...] é o currículo que é cobrado em vestibular, e eu acho que tem certa resistência, e eu me encaixo nesse grupo de professores, é uma dificuldade de quebrar o modelo tradicional, o currículo tradicional de física, é difícil simplesmente falar “vou fazer uma coisa diferente” se você não planejar muito bem essa coisa ela fica muito pior do que o tradicional, vai cometer mais erros do que os currículos tradicionais estão cometendo [...]. (Professor do perfil E)

O ensino de ciências, que muitas vezes traz aos alunos a ideia de que para compreender o assunto é preciso ter as habilidades de um cientista, deveria ajudar o aluno a compreender o mundo que o cerca, fazendo assim muito mais sentido a eles, pois *os jovens*

prefeririam cursos de ciências que não sejam centrados sobre os interesses de outros (quer seja a comunidade de cientistas ou o mundo industrial), mas sobre os deles próprios. (Fourez, pg. 110). Abaixo apresentamos um MC que reúne as principais dificuldades apresentadas pelos professores entrevistados nessa pesquisa.

Figura 72: As dificuldades em trabalhar com cosmologia no ensino médio segundo os entrevistados

CONCLUSÃO

Esse trabalho teve dois objetivos, o primeiro consistia em explorar a cosmologia sob um viés teórico, onde seriam apresentados diversos mitos e modelos de criação e evolução do universo, que pudessem servir de base para um ensino de física mais rico e interessante. E o segundo objetivo visava entender o ponto de vista de professores de física de escolas públicas sobre as possibilidades e dificuldades da exploração do tema em suas aulas.

Apesar de não termos a pretensão de fazer uma exploração histórica sobre desenvolvimento da cosmologia, partimos do primeiro objetivo e fizemos uma exposição teórica onde apresentamos um relato de diversos modelos cosmogônicos e cosmológicos, que cercados de beleza e enigmas, encantam os seres humanos desde os primórdios. Além disso, fizemos uma análise sobre as curiosas semelhanças entre eles, e ainda exploramos as peculiaridades de modelos científicos que levaram um a se tornar um forte candidato a paradigma, e outros a caírem no esquecimento. Fatos que podem fornecer uma série de possibilidades de aplicação no ensino de física, servindo como uma espécie de tema gerador para conteúdos de física, que vão além de mera racionalidade técnica que, na maioria das vezes, se resume na aprendizagem de fórmulas e suas aplicações na solução de exercícios típicos. Isso pode permitir que a física ensinada se torne mais interessante para os alunos.

Na segunda parte dessa dissertação, exploramos o segundo objetivo que consistia em coletar dados a respeito da posição de professores de física, de diversas categorias, sobre a possível exploração da cosmologia em suas aulas, para assim confirmar ou refutar a importância que havíamos dado à cosmologia na primeira parte do trabalho. Além disso, sondamos quais dificuldades permeiam a inserção desse tema nas aulas, já que ele é basicamente ignorado pelos professores.

Numa tentativa de diagnosticar as possibilidades e dificuldades da inserção do tema no ensino de física construímos mapas conceituais que deixaram mais perceptíveis esses fatores, fornecendo subsídios a um estudo futuro com o objetivo de superar essas dificuldades e efetivamente explorar as possibilidades.

Das dificuldades

Segundo nossa pesquisa, o principal fator para a cosmologia ser desprezada no ensino médio durante a disciplina de física está fortemente relacionado à formação acadêmica dos

professores. Partindo da informação fornecida pelo próprio MEC¹⁰⁰ de que a maioria dos professores de física é formada em áreas correlatas do conhecimento, e por isso não tiveram contato nenhum com a cosmologia, já fica suficientemente evidente porque o tema é praticamente ignorado por esses docentes.

Além disso, ainda temos o fato de que os docentes com licenciatura em física também não têm contato com a cosmologia durante sua formação, já que a quase totalidade dos cursos de licenciatura só oferece disciplina optativa sobre o assunto, que no geral é frequentada por uma minoria dos licenciandos.

Outro grave problema que envolve os professores e que muitas vezes impede a exploração de novos temas é a atual estrutura profissional dos docentes, principalmente os da rede Estadual de São Paulo. A realidade a que estão submetidos dificulta a investida de tempo em uma formação continuada e também na inovação de aulas com novos conteúdos como, por exemplo, a cosmologia. Uma vez, que esses docentes acabam assumindo um número excessivo de aulas, muitas vezes em diferentes escolas.

Além disso, o atual currículo de física é saturado, o que muitas vezes impossibilita o professor de levar alguma inovação para suas aulas, já que é preciso dar conta de inúmeros conteúdos em um número limitado de aulas.

Das possibilidades

Como apontamos na introdução desse trabalho, o ensino oferecido principalmente nas escolas públicas enfrenta uma crise, que fica ainda mais evidente no ensino de ciências. Uma vez que grande parcela dos alunos tem um interesse menor por disciplinas científicas, haja vista o alto grau de dificuldade envolvido, ou até mesmo as metodologias equivocadas. O mais grave é que essa realidade ultrapassa os limites das escolas e chega às universidades, já que é baixa a procura por cursos de graduação nessas áreas.

O fracasso da educação no ensino médio também fica notório quando nos damos conta que os objetivos gerais apontados pelos PCNs (formar cidadãos com uma visão ampla e crítica, capazes de compreenderem o mundo que os cerca, preparados para o mundo do

¹⁰⁰ Ver página 191.

trabalho) não são cumpridos com a massa de alunos, muito menos os objetivos relativos à matéria de física.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 1998, pg. 22)

A fim de fazer cumprir esses objetivos e tornar o ensino de física mais eficaz e interessante, o professor do ensino médio deve superar alguns desafios. Um dos mais importantes e difíceis é fazer os alunos se interessarem pelo conhecimento físico, já que o interesse e a predisposição em aprender são essenciais para um ensino efetivo como ressaltamos ao discutir a aprendizagem significativa de Ausubel, no capítulo 3 da primeira parte.

E é justamente nesse ponto que o tema proposto mostra um de seus maiores potenciais, o de chamar a atenção dos alunos para o conhecimento científico. Partimos da hipótese que a cosmologia despertaria naturalmente nos alunos um interesse pelo conhecimento físico que, se explorado da maneira adequada, pode passar de mera *curiosidade ingênua*, para uma curiosidade mais refinada e importante, chamada por Paulo Freire de *curiosidade epistemológica*, já discutida anteriormente. Nossa hipótese foi confirmada pelo grupo de professores entrevistados, uma vez que todos testemunharam o interesse da maioria dos alunos pelo tema.

Entretanto, vale ressaltar que para uma confirmação mais concreta, outras pesquisas devem ser realizadas, já que analisamos apenas o ponto de vista dos professores, quando também deveria ser levado em consideração o ponto de vista direto dos alunos. Outras pesquisas poderiam ocorrer por meio de um estudo de caso, onde fosse possível analisar o real interesse dos alunos pelo tema e até quanto isso de fato contribuiria para uma aprendizagem significativa de conhecimentos físicos.

A maioria dos professores também ressaltou que os próprios PCNs já chamavam a atenção para a importância do tema, algo que também já havíamos indicado em nossa pesquisa inicial.

A Física é um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria [...] Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. (BRASIL, 1998, pg. 22)

Além disso, os professores concordaram que a exploração de mitologias nas aulas de física pode contribuir com a aprendizagem dos alunos, já que os mesmos têm certo interesse por esse tipo de assunto, e as mitologias que envolvem as cosmogonias são bastante notáveis. Apesar disso, vale lembrar que a maioria dos professores também ressaltou que ao abordar esse tipo de assunto é importante ter cautela com a questão religiosa para não criar nenhum embate desnecessário em sala de aula.

Outras possibilidades confirmadas pelos professores vieram ao encontro de nossas hipóteses iniciais, como o fato da cosmologia ser um tema interdisciplinar que facilita a inserção de HFC nas aulas de física e contribui para a formação de uma visão de mundo mais ampla. Porém, vale ressaltar que somente o tema não é suficiente para contemplar essas possibilidades, pois ele deve vir acompanhado de uma metodologia adequada, capaz de explorar toda a riqueza que o tema oferece.

Em suma, a cosmologia é um tema que oferece inúmeras possibilidades de aplicação no curso de física do ensino médio, porém as dificuldades que permeiam sua inserção precisam ser solucionadas. Por exemplo, um curso de formação continuada em cosmologia para professores de física poderia ser uma iniciativa que favoreceria a exploração desse e até mesmo de outros temas da física moderna e contemporânea no ensino médio. Haja vista que a falta de formação dos professores é uma das dificuldades mais incontestáveis, porém é um ponto que ainda pode ser trabalhado por meio da formação continuada. O conteúdo apresentado no capítulo 4 da primeira parte poderia ser utilizado nesse curso de formação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFVÉN, Hannes. **Worlds-Antiworlds**. The Royal Institute of Technology, Stockholm. W. H. – Freeman and Company, São Francisco e Londres, 1966.

ARTHURY, Luiz Henrique M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos** In: *Atas do VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências-ENPEC*. Florianópolis, 2009.

ASSIS, A. K. T.; NEVES, M. C. D. **The redshift revisited**. Publicado no volume 227 da *Astrophysics and Space Science*, em 1995.

BAEK; Seugwon, KO, Pyungwon; PARK, Wand-II; SENAHA, Eibun. **Hidden sector dark matter and Higgs physics**. School of Physics, KIAS, Seoul 130-722, Korea. arXiv:1301.1773v1 [hep-ph] 9 Jan 2013.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**. Editora; Porto, Portugal, 2000.

BONDI, Hermann. **O universo como um todo (aspectos da cosmologia)**. Tradução: Anita Rondon Berardielli – Editora: Edart, São Paulo, 1968.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1998.

_____. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC 2002.

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

BROTHERSTON, Gordon; MEDEIROS, Sérgio (Organizadores). **Popol Vuh**. Editora: Iluminuras, São Paulo, 2007.

CAMPBELL, Joseph. **O herói de mil faces**. Tradução: Adail Ubirajara Sobra – Editora: Cultrix/Pensamentos – 10ª edição, São Paulo, 1997.

_____. **As máscaras de Deus: mitologia oriental.** Tradução: Carmen Fischer – Volume 2. Editora: Palas Athena, São Paulo, 2004.

CARL, Sagan. **O mundo assombrado pelos demônios: A ciência vista como uma vela no escuro.** Tradução: Rosaura Eichenberg – Editora: Companhia das Letras, São Paulo, 2006.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. **A Gravitação Universal: Um texto para o Ensino Médio.** Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 3, p. 257 - 271, 2004

EDDINGTON, Arthur. **The Expanding Universe.** Cambridge University Press – New York, 1933.

ELIADE, Mircea. **Imagens e Símbolos.** Editora: Arcadia, Lisboa – Portugal, 1979.

_____. **Mito e Realidade.** Editora: Perspectiva, São Paulo, 1972.

FIXSEN, D. J. **The Temperature of the Cosmic Microwave Background.** University of Maryland, Goddard Space Flight Center, MD, USA. The Astrophysical Journal, 2009. Disponível em: http://iopscience.iop.org/0004-637X/707/2/916/pdf/0004-637X_707_2_916.pdf

FLÓRIO, V.; BAGDONAS. A. **Uma Breve História da Galáxia.** Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila do curso de história da astronomia – SAB. 2009. Disponível em: http://www.sbpnet.org.br/livro/61ra/minicursos/mc_victoriaandrade.pdf

FOUREZ, Gérard. **Crise no ensino de ciências?** Investigações em Ensino de Ciências – V8(2), pp. 109-123, 2003.

FREIRE, Paulo. **Comunicação ou Extensão?** Editora: Paz e Terra – Rio de Janeiro, 1983.

_____. **Pedagogia do Oprimido.** Editora: Paz e Terra – 17ª edição, Rio de Janeiro, 1987.

_____. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessário à Prática Educativa.** Editora: EGA. 1996. Disponível em: http://www.lettras.ufmg.br/espanhol/pdf%5Cpedagogia_da_autonomia_-_paulofreire.pdf.

GOODSTEIN, David. **Adventures in Cosmology.** California Institute of Technology – World Scientific, New Jersey, 2012.

GOURDON, C. **Indian Cosmology revised in the light of current facts**. Exopolitics Journal 3:4,2011.

GRIBBIN, John. **À procura do *Big Bang***. Tradução: Maria Helena V. Picciochi – Editora: Presença, Lisboa, 1988.

GUTH, Alan H. **O universo inflacionário: um relato irresistível de uma das maiores ideias cosmológicas do Século**. Tradução: Ricardo Inojosa – Editora: Campus, Rio de Janeiro, 1997.

HENRIQUE, A. B. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2011.

HOYLE, Fred. **From Stonehenge to Modern Cosmology**. W. H. Freeman, San Francisco, 1972.

HUBBLE, E. **A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae**. Proceedings of the National Academy of Sciences 15, vol. 3, 1929. Reproduzido em http://apod.nasa.gov/diamond_jubilee/1996/hub_1929.html

INEP/MEC. **Estudo exploratório sobre o professor brasileiro**: Com base nos resultados do Censo Escolar da Educação Básica 2007. Brasília, 2009.

JUNG, Carl G. **Os Arquétipos e o Inconsciente Coletivo**. Tradução: Maria Luíza Appy e Dora Mariana R. Ferreira da Silva. Rio de Janeiro, 2000.

KANTOR, Carlos Aparecido. **Educação em astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica: A compreensão do céu como espelho da evolução cultural**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de educação da Universidade de São Paulo, 2012.

KOYRÉ, Alexandre. **Do Mundo Fechado ao Universo Infinito**. Tradução: Donaldson M. Garschagen; apresentação e revisão técnica Manuel Barros da Motta. 4ª edição. Editora: Forense Universitária, 2006.

KRAGH, Helge. **Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe**. Princeton, Princeton University Press, 1996.

KUHN, Thomas. **A Revolução Copernicana**. Trad. Marília Costa Fontes. Edições 70. Lisboa - Portugal, 2002.

_____. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. Editora: Perspectiva – São Paulo, 1998.

LAHAV, O; LIDDLE, A.R. **The Cosmological Parameters**. University College Lond e University of Edinburgh. Cornell University Library, janeiro de 2014. Disponível em: <http://arxiv.org/pdf/1401.1389v1.pdf>

LANGHI, Rodolfo. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores**. 2009. 370 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009.

LANGHI, Rodolfo. NARDI, Roberto. **Formação de professores e seus saberes disciplinares em astronomia essencial nos anos iniciais do ensino fundamental** Rev. Ensaio v.12, n.02, p.205-224, Belo Horizonte, 2010

LEITE, Cristina. **Formação do professor de Ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade**. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 2006.

LINEWEAVER, Charles; Davis, Tamara. **Equívocos sobre o Big Bang**. Scientific American Brasil, Abril de 2005.

LIVRO DOS MORTOS, Português. **Livro dos Mortos: O Papiro de Ani**. Traduzido por E.A. Wallis Budge. 1898. Disponível em: http://www.historia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/fontes%20historicas/livro_egipcio_dos_mortos.pdf

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

MARTINS, Roberto de A. **O universo: teoria sobre sua origem e evolução**. – 2 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

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

_____. **Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca do movimento celeste.** Introdução, tradução e notas. São Paulo: Nova Stella; Rio de Janeiro: Coppe : MAST, 1990.

MASON, Stephen F. **Historia de La ciencias: 2. La revolución científica de los siglos XVI y XVII.** Historia de La ciência. Tradução: Carlos Solis Santos. Editora: Alianza. Espanha, 2001.

MATHEWS, Michael R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science.** New York: Routledge, 1994.

MENEZES, L. C. de. **A Matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico.** 1ª. Ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

MORAIS, Antônio M. A. **Gravitação e Cosmologia: Uma Introdução.** Editora Livraria da Física – São Paulo, 2009.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

_____. **Mapas Conceituais e a aprendizagem significativa.** Instituto de Física – UFRGS. Porto Alegre - RS, Brasil. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na Revista Chilena de Educação Científica, 4(2): 38-44. Disponível em: www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf.

_____. **Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente.** Meaningful Learning Review – V1(3), pp. 25-46, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf

_____. **Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS.** Meaningful Learning Review – V1(2), pp. 43-63, 2011b. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/UEPSport.pdf>

MOREIRA, R. A. **A Criação do mundo e do homem segundo *Popol Vuh* – O livro sagrado dos maias-quichés da Guatemala.** Revista dos Encontros Literários Moreira Campos. Departamento de Literatura da Universidade Federal do Ceará Ano 1 – N.º 1 – Abril-Julho de 2008. Disponível em: http://encontrosliterarios.ufc.br/revista/20080407_arquivos/moreira_ra_acriacao.pdf

MORRIS, Richard. **O que sabemos sobre o universo: realidade e imaginação científica.** Tradução: Vera Ribeiro, Editora: Zahar, Rio de Janeiro, 2001.

MOURÃO, Ronaldo R. F. **O universo inflacionário.** Editora: Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1983.

NARLIKAR, Jayant V. **The quase-steady state cosmology.** Inter-University Center for Astronomy and Astrophysics, Post Bag 4, Ganeshkhind, Pune 411 007. India. Acta Scientiarum 22(5):1241-1248, ISSN 1415-6814, 2000. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/3126/2241>

NOVAK, Joseph e CANÃS, Alberto. **A Teoria Subjacente aos Mapas Conceituais e como Elaborá-los e Usá-los.** Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun. 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.uepg.br>

_____. **The Universality and Ubiquitousness of Concept Maps.** Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), USA. 2010.

OLIVEIRA, Jorge H. **Noções de cosmologia no ensino médio: o paradigma criacionista do *Big Bang* e a inibição de teorias rivais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, 2006.

OLIVEIRA, Kepler S. **Astronomia e Astrofísica.** Departamento de Astronomia - Instituto de física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Editora: Livraria da Física, Porto Alegre, 2004.

_____. **O Universo.** Departamento de Astronomia – UFRGS, Porto Alegre, RS – Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. Especial: p. 698-722, dez. 2010. Disponível: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85289/000776296.pdf?sequence=1>

PAGELS, Heinz R. **Simetria perfeita**. Tradução: Henrique Leitão e Paulo Ivo Teixeira, Editora: Gradiva, Lisboa, 1990.

PETER, Annika H. G. **Dark Matter**. Department of Physics and Astronomy, University of California, Irvine, CA 92697-4575. ArXiv:1201.3942v1 [astro-ph.CO] 18 Jan 2012

PLANCK COLLAORATION, P. Ade et al. **Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters**. arXiv:1303.5076 [astro-ph.CO]. 2014

RAMOS, Denise G. **Os Animais e a Psique**. Editora: Summus. Volume 1, 2ª Edição- São Paulo, 2005.

RECHI, Ricardo. **Tópicos de astrofísica e cosmologia: uma aplicação de física moderna e contemporânea no ensino médio**. Dissertação de mestrado, Institutos de Física, Química, Biociências e Faculdade de Educação, USP, 2010.

REIS, José Claudio; GUERRA, Andreia; BRAGA, M. **Um Curso de Cosmologia na Primeira Série do Ensino Médio com Enfoque Histórico-filosófico**. In: *Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Vitória, 2009.

RUSSEL, Bertrand. **História da Filosofia Ocidental**. Editora: Cia Editora Nacional, São Paulo, Livro 1º. 1967.

SAGAN, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. Tradução: Rosaura Eichenberg. Editora: Companhia das Letras. São Paulo, 2006.

SANTOS, Flávia A; CABRERA, Lúcia G; GÓES, Vera L; **Retextualização de Texto Oral**. Revista Anagrama – Revista Interdisciplinar da Graduação. Ano 1 - Edição 4 –Junho/Agosto de 2008.

SHIVANI, Milton. **Educação não formal no processo de ensino e difusão da astronomia: ações e papéis dos clubes e associações de astrônomos amadores**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2010.

SILK, Joseph. **O Big Bang: a origem do universo**. Tradução: Fernando Dídimo Pereira Barbosa Vieira – 2ª Edição, Editora: Universidade de Brasília, Brasília, 1988.

SILVA, Antônio F. G. da. **A Construção do currículo na perspectiva popular crítica das falas significativas às práticas contextualizadas.** Tese de doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – 2004.

SILVA, Cibelle C. (Org.) **Estudos de História e Filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SINGH, Simon. **Big Bang.** Tradução: Jorge Luiz Calife. Rio de Janeiro; Record, 2006.

SIQUEIRA, Maxwell R. da P. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea.** Orientação: Maurício Pietrocola – FEUSP, São Paulo, 2012.

SMOOT, George. DAVIDSON, Keay. **Dobras no tempo.** Tradução: Maria Ignez Duque Estrada – Editora: Rocco, Rio de Janeiro, 1995.

SPROUL, Barbara C. **Mitos Primais.** Tradução Tomás Rosa Bueno. – Editora: Siciliano, São Paulo, 1994.

TAMMANN, G. A; REINDL, B. **Cosmic Expansion and H_0 : A retro- and Pro-spective Note.** Astronomisches Institut der Universitat Basel Venusstrasse 7, CH-4102 Binningen, Switzerland, 2002. Disponível em <http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0208176v2.pdf>

THE ENUMA ELISH. Inglês. **The Enuma Elish: The seven Babylonian tablets of creation.** Traduzido e revisado por Denny Sargent. Disponível em: <http://www.psychicsophia.com/aion/Enumaelish.pdf>

TORRANO, Jaa. O mundo como função das musas. In: HESÍODO. **Teogonia: A origem dos Deuses.** Editora: Iluminuras, São Paulo, 1995.

VERCEZE, Rosa M. A. N.; NOGUEIRA, Erik S. **Fala versus escrita: Atividades de retextualização.** Revista: Zona de Impacto, Vol. 4, Ano VIII, Novembro, 2005.

VERNANT, Jean-Pierre. **O universo, os deuses, os homens.** Tradução: Rosa Freire D'Aguiar – Editora: Companhia das Letras, São Paulo, 2000.

_____. **Mito e pensamento entre os gregos: estudos de psicologia histórica.** Tradução: Haiganuch Sarian – Editora: Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1990.

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

ZANETIC, João. Física e Cultura. **Ciência e Cultura.** São Paulo, v.57, n.3, p.21-24, jul-set. 2005.

WEINBERG, Steven. **Os três primeiros minutos do universo.** Tradução: Ana Isabel Simões. Editora: Gradiva, Portugal, 1987.

WOOD. A. W. **Kant.** Universidade de Stanford, California. Tradução: Delamar Jose Volpato Dutra – Editora: Atmed. São Paulo. 2008.

APÊNDICE A

COSMOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA

Bom dia! Estamos desenvolvendo uma pesquisa, que faz parte de um projeto de mestrado realizado na Universidade de São Paulo - USP, que visa melhorar a qualidade do conteúdo de física oferecido no ensino médio. Por isso estamos lhe enviando um questionário para levantarmos dados que subsidiem essa pesquisa. Pedimos que as respostas reflitam sua realidade de trabalho docente, pois através delas faremos uma seleção de professores para participar de uma entrevista mais detalhada sobre as possibilidades e as dificuldades de inserir a cosmologia nas aulas de física do ensino médio. Os resultados dessa pesquisa serão enviados para o seu e-mail assim que a dissertação for concluída e devidamente defendida. Desde já agradecemos a sua participação. Kellen Nunes Skolimoski (mestrando), João Zanetic (orientador)

*Obrigatório

IDENTIFICAÇÃO

Sua identidade e seus dados pessoais serão mantidos em sigilo.

- 1) Nome*
- 2) e-mail *
- 3) Idade*
- 4) Cidade em que nasceu*

FORMAÇÃO ACADÊMICA

- 5) Formação*
- 6) Instituição Formadora*
- 7) O que te motivou a escolher essa profissão?*

EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL

8) Quantos anos de experiência lecionando física?*

- ☐ Até 3 anos
- ☐ Mais de 3 anos
- ☐ Não tem experiência

9) Atualmente está lecionando física no ensino médio?*

- ☐ Sim, em escola pública
- ☐ Sim, em escola particular
- ☐ Sim, em escola pública e particular
- ☐ Não

10) Já trabalhou em escola pública?*

- ☐ Sim
- ☐ Não

ENSINO DE CIÊNCIAS

11) Você gostava das ciências, física em particular, ensinadas no ensino médio? Explique.*

12) Você se interessa por astronomia e (ou) cosmologia?*

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

13) Na graduação você fez alguma disciplina relacionada à cosmologia ou à astronomia?*

- ☐ Sim (disciplina optativa)
- ☐ Sim (disciplina obrigatória)
- ☐ Não

14) Você costuma se informar sobre esse tema em:*(você pode selecionar mais de uma opção)

- ☐ Livro
- ☐ Revistas especializadas
- ☐ Documentários
- ☐ Outro
- ☐ Não se informa

15) Você acha importante, ou interessante, que elementos da cosmologia sejam mais explorados no ensino médio? Explique *

16) Você já tentou trabalhar elementos da cosmologia em suas aulas de física? O que você fez exatamente (que tipo de atividade realizou)?*

17) Você teria interesse em participar de um curso que te daria subsídio para trabalhar a cosmologia em suas aulas?*

- ☐ Sim
- ☐ Não

APÊNDICE B

Roteiro das entrevistas

(semi-estruturada)

- Confirmar os dados obtidos com o questionário sobre a formação, experiências dos indivíduos, além de quais escolas e séries que está dando aula atualmente.
- Conversar sobre o nível de interesse pela cosmologia, tanto o conteúdo teórico-conceitual quanto o conteúdo histórico-cultural, e qual sua importância para o ensino de física.
- Obter mais detalhes (resultados e dificuldades) sobre as atividades aplicadas no ensino médio relacionadas à cosmologia, que foram mencionadas no questionário. Pedir para compararem com outros conteúdos mais tradicionais.
- Discutir as dificuldades em trabalhar a cosmologia moderna, mais especificamente o modelo padrão aceito atualmente.
- Discutir as possibilidades e as dificuldades em usar a cosmologia como tema gerador no ensino de física. Inspirado no trabalho do Alexandre, comentar a proximidade com a religião.
- Discutir a possibilidade de trabalhar os mitos de criação dos povos antigos, a cosmologia aristotélica, copernicana e moderna (estado estacionário e *Big Bang*), para questioná-los sobre quais desses modelos de mundo eles usariam ou não em suas aulas, porque e como fariam.

APÊNDICE C

(Entrevista com o professor do perfil A, denominado PA)

Entrevistador: Com aquele questionário que eu te enviei, cento e sessenta professores responderam, então nós selecionamos para a entrevista usando critérios como experiência, o que vocês fizeram com cosmologia em sala de aula, então nós fomos selecionando e encontramos cinco perfis, e foi através desses perfis que nós conseguimos selecionar um de cada para realizar as entrevistas. Apareceram os seguintes perfis, Perfil 1: “Eu acho que a cosmologia é importante porque ela desperta muito o interesse do aluno e deixa ele interessado pelo conhecimento científico”; Perfil 2: “Eu acho legal porque a cosmologia é interdisciplinar, dá para ligar com outras disciplinas, dá para ligar com temas da física, dá para ensinar física usando cosmologia”; Perfil 3: “Cosmologia é interessante porque aprimora a visão de mundo dos alunos”; Perfil 4: “Eu acho cosmologia legal porque dá para relacionar muito bem com história da física, com pensamentos filosóficos, coisa e tal”; Perfil 5: “Outros se preocuparam mais com os problemas, tipo cosmologia é legal, é bacana, mas tem alguns problemas que temos que pensar antes. Então é assim, eu não vou colocar cosmologia na minha aula, porque o currículo está saturado e eu não tenho tempo de dar isso aí, eu tenho que terminar o conteúdo. O vestibular não cobra, minha escola é particular, eu tenho que seguir a apostila...” Então a primeira coisa que eu queria saber de você é em qual perfil você se enquadra mais, no interdisciplinar, na questão do interesse do aluno, em trabalhar os conceitos históricos, ou você acha que tudo isso é importante. Queria que você comentasse um pouquinho sobre isso.

PA: A questão interdisciplinar eu não ligaria exatamente com a cosmologia, porque no geral o que eu tenho visto nas escolas é que cada professor trabalha de maneira independente, você não tem tempo, pelo menos nas escolas que eu já trabalhei, em nenhum momento você é incitado a trabalhar coletivamente. Então o professor de física trabalha ele com ele mesmo, e qualquer área que seja da cinemática, eletromagnetismo, física moderna ele vai acabar trabalhando sozinho, e vai fazer as ligações interdisciplinares sozinhas, a não ser em um projeto ou outro, mas é exceção. Então a cosmologia poderia ser um projeto interdisciplinar, mas eu acho que esse não é o foco principal. Eu acho que por ser uma área da física que eu me interesse bastante, que eu gosto, que eu percebo que é motivador, talvez a linha que eu prefira mais seja a da motivação, e é parte da física também. Temos que selecionar alguns conteúdos, não dá para trabalhar a física inteira, mesmo porque nem existe uma física inteira, então selecionamos alguns conteúdos para trabalhar no ensino médio e cosmologia é uma coisa interessante, eu acho que é um conteúdo interessante, é motivador. Tem outra questão também, talvez isso da minha parte, desde que eu comecei a dar aula eu achava interessante a divisão proposta pelo pcn+ do conteúdo físico, então aquela divisão semestral, um semestre para o estudo de mecânica e cinemática, e outro semestre para o estudo do universo e da Terra no universo, do homem no universo, então essa divisão sempre me agradou.

Entrevistador: No questionário você acabou falando que já levou cosmologia para a sala de aula. Eu queria que você comentasse um pouquinho o que você fez, e qual a reação dos alunos.

PA: Eu dou aula há seis anos, e nesses seis anos eu trabalhei astronomia, cosmologia e gravitação meio que tudo misturado, com o pessoal do primeiro ano. A divisão que eu tenho feita é assim, no começo do ano trabalhar a cinemática e dinâmica, cinemática bem pouco,

mais definição de velocidade, aceleração, espaço e tempo, e leis de Newton, dinâmica, energia. Esse tipo de assunto até agosto mais ou menos e de setembro em diante trabalhar com astronomia, mais com a questão da astronomia descritiva, com o movimento dos astros, movimento do Sol do ponto de vista da Terra, então movimento do Sol, da Lua, dos planetas, das estrelas. É isso a princípio, e mais para o final do ano a parte de constituição do universo, constituição dos cometas, meteoros, nebulosas, enfim, dar uma estruturada no universo e a gravitação na parte final. Então não necessariamente o estudo da cosmologia como o estudo da origem do universo e evolução, talvez um pouco com evolução da estrela, evolução estelar, mas não muito com a origem do cosmo.

Entrevistador: Mas você já chegou a levar o *Big Bang* para a sala de aula?

PA: Já! Eu nem preciso levar, os alunos já trazem, e só começar a falar de astronomia, universo em algum momento da primeira ou segunda aula, que você trabalha com esse tema, os alunos já falam de *Big Bang*. Eu geralmente traço um plano para trabalhar mais para o final com o *Big Bang*, por conta de ser uma ideia mais recente, não sei se por influência do João, e do curso que eu fiz de gravitação, eu tento fazer um apanhado mais histórico e o *Big bang* vem como uma teoria mais recente, então acaba ficando mais para o final. De qualquer forma é um assunto que sempre surge, eu costumo provocar muito os alunos “Ah! Tem evidências que tenha ocorrido um *Big Bang*, então você estuda o efeito Doppler, você vê que as coisas estão se afastando, seja um distanciamento espacial ou temporal, mas você tem um distanciamento que acontece e se você precede as posições dos corpos você retorna para a hipótese de um *Big bang*”, e sempre surge a questão “Ah! O que que tinha antes?” E eu procuro deixar vago no sentido mais provocativo de que não importa o que aconteceu antes, tem evidências de que deve ter ocorrido uma explosão, o *Big Bang*, mas o que veio antes pouco importa, isso não é da alçada da física hoje em dia. Hoje em dia a gente não tem como pensar no que tinha antes. Então, mais no sentido de provocar, eu também nunca estudei a fundo essas questões, então eu acho legal essa ideia da provocação. Mas no geral, por exemplo, quando eu falo do *Big Bang* eu estou falando de modelos do universo, então eu cito o modelo aristotélico, modelo ptolomaico com as correções, modelo copernicano, modelo de Kepler, eu vou indo até chegar no século XX, então é uma parte muito mais histórica, descritiva do que matemática e científica no sentido de resolução de problemas, talvez por isso os alunos gostem mais.

Entrevistador: Na linha de pesquisa que estamos seguindo, estamos trabalhando com o tema gerador de Paulo Freire. Então pensando no ensino temático, usar a cosmologia para ensinar física. Eu queria saber o que você acha disso, você acha que isso é possível, será que dá para usar a cosmologia para ensinar física, sem pensar nas dificuldades impostas pelo governo, como os cadernos do estado, ou o atual currículo saturado.

PA: Essas dificuldades impostas pelo governo eu acho até meio relativa, pelo seguinte motivo, eu trabalhei no estado por três anos ninguém nunca me perguntou o que eu estava fazendo em sala de aula, então eu trabalhei o tema que eu quis, sem o menor problema. Eu estou no SESI há seis anos, eles propõem uma lista de expectativa, que seria um currículo, o conteúdo do ano, e lá está incluído cosmologia, astronomia, gravitação como alguns tópicos de outros trezentos, então eu nunca vou conseguir trabalhar todos os tópicos que o SESI me propõe, então eu escolho alguns que trabalham inclusive a astronomia e nesses anos nunca ninguém questionou o que eu estou fazendo em sala de aula. Na prefeitura de São Caetano foi a mesma coisa, na ETEC Camargo Aranha, na ETEC da Vila Formosa a mesma coisa, ninguém nunca discutiu comigo o que eu estava ensinando em sala de aula. Então eu acho que essa dificuldade imposta pelo governo, eu nunca vi essa dificuldade, no geral o professor

trabalha o que ele quer, é só manter o aluno na sala de aula, é o que importa para a escola. Agora como tema gerador, eu vejo a questão do tema gerador como um tema muito interdisciplinar, uma proposta de trabalho coletivo, em conjunto. A meu ver o trabalho coletivo nas escolas está escasso, não sei se eu estou muito pessimista com relação a isso, mas eu não vejo trabalho coletivo nas escolas, cada professor dá sua aula, vai embora, vai para outra escola, nenhum professor trabalha em uma escola só, cada um vai dá suas aulas e vai embora, não tem trabalho coletivo, a não ser uma festa, uma gincana ou alguma coisa assim. Então, eu não acho possível essa ideia de trabalhar a cosmologia como um tema gerador para o ensino de física, ou no ensino de outra disciplina na estrutura atual, não que não seja necessário. Eu defendo que o professor deve trabalhar em uma escola só, e deve viver aquela escola como um profissional daquela instituição, que não é o que ocorre hoje. Bom! Mas a cosmologia por ter essa questão motivadora, os alunos adoram, no geral os alunos adoram, eles ficam fascinados pela descrição do universo, Sol, Lua... Então eu acho que como tema é motivador poderia ser trabalhado sim, para qualquer outra atividade, seja para focar na física, seja para uma questão interdisciplinar. Eu lembro quando eu estava na graduação, no começo do mestrado a ideia era trabalhar com a música como tema gerador, música popular para alcançar a física, e até meu mestrado mudou por causa disso, nós queríamos pegar músicas populares seja pagode, rock, samba, fank, qualquer música que esteja na vivência dos alunos e de lá tirar a física, seja com a análise da música em si, da acústica, como a análise das letras que as vezes fala do Sol, da Lua... E as atividades pareciam bem interessantes, prometiam dar certo, mas quando você entra em sala de aula não tem espaço para você trabalhar com o professor de arte, com o professor de português e criar, pegar esse tema e espalhar para todos. Então eu acho que a música é muito motivadora, os alunos ouvem música o dia inteiro, então a astronomia, talvez eles não vivam a astronomia o dia inteiro, mas quando você toca no assunto eles adoram, então você vê que está no imaginário deles, assim como a música, já a física não está no imaginário porque a física vem de fora, o papel da escola e trazer de fora para dentro, então usar a cosmologia que fica mais apagada, você insita uma faísca ali ela pega fogo na sala. A cosmologia, a música, enfim qualquer outro tema que faz parte do imaginário dos alunos, que faz parte da vivência do aluno daria certo.

Entrevistador: Quando você diz que a cosmologia...você puxa bastante a ideia de que ela desperta o interesse do aluno, e os professores na maioria sabem disso, então porque você acha que ela é tão apagada, porque ninguém fala de cosmologia. Até chega a estar no caderno do primeiro ano, mas por estar no último capítulo, fim do ano, o professor acaba não falando, ele pula esse conteúdo. Se ela é tão motivadora assim porque nós não usamos, qual a dificuldade em trabalhar com cosmologia no ensino médio?

PA: Eu vou defender o que eu estou trabalhando com o doutorado agora, a estrutura profissional não permite, o salário é baixo comparado a outros, o mais baixo possível, o professor se sente desmotivado porque ele precisa dar muitas aulas para ter um salário razoável. Além disso, na maioria das escolas o professor é pago para dar aula e não para pesquisar, não é pago para estudar, então o professor que já dá aula há dez, quinze anos, vinte anos, nunca trabalhou astronomia, ele já tem o caderno dele com o currículo preparado para o ano inteiro, então que chegue cosmologia ou astronomia nos livros do PNLEN ou nos caderninhos do estado o professor não vai parar para estudar aquilo lá, ele não tem tempo para isso, ele não tem disposição, ele não tem incentivo para parar e estudar, por mais que ele saiba que é um tema interessante, ele vai ter que preparar lista de exercícios que ele nunca preparou, vai ter que preparar provas que ele nunca preparou, e ele não é pago para isso, ele é pago para entrar na sala de aula e dar aula, então ele não vai tirar o sábado e o domingo dele para preparar esse material. Eu acho que o problema está muito mais na estrutura profissional do ensino do que na formação do professor, tem muitos professores de física que dão aula por

vinete anos, trinta anos ele trabalha temas bem complexos, temas difíceis com uma facilidade tremenda porque ele trabalha aquilo há trinta anos. Ele não vai se dispor, a não ser que ele tenha muito gosto muita força de vontade, que são as exceções, então há exceções que a cosmologia, astronomia e a gravitação são trabalhadas no ensino, e são exceções acho que por conta disso. Talvez para colégios particulares que visem o vestibular, eu nunca trabalhei em colégio particular onde o vestibular é importante, talvez isso seja um problema, já que o assunto não aparece na maioria dos vestibulares, aparece uma questão ou outra. Mas eu acho que no geral o problema é trabalhista mesmo.

Entrevistador: Nessa linha que nós estamos seguindo, fizemos um levantamento de cosmogonias, cosmologias clássicas e cosmologia moderna. Eu sempre adorei cosmologia, mas quando eu estava em sala de aula eu nunca consegui trabalhar com o tema porque eu não tinha tempo de pesquisar aquilo e era difícil achar algo confiável, tem muita coisa na internet e você não sabe como usar aquilo. Então nós estamos fazendo um levantamento, usando uma linguagem adequada para ser usado em sala de aula. Então nós começamos pela cosmologia moderna, por ser uma das mais motivadoras hoje, você falou que já chegou a comentar o *Big Bang* em sala de aula, mas nunca trabalhou profundamente?

PA: Não, não.

Entrevistador: E a teoria do Estado Estacionário, você acha que cabe levar para a sala de aula? Por exemplo, levar um debate entre *Big Bang* e Estado Estacionário. Estado Estacionário que hoje é uma teoria que não é mais aceita, mas teve sua importância na época. Eu sei que o professor não leva nem *Big Bang* quanto mais Estado Estacionário, mas você acha que seria interessante proporcionar esse tipo de discussão em sala de aula?

PA: Boa pergunta! Na verdade você está falando sobre Estado Estacionário e eu estou tentando lembrar o que é. Mas essa discussão cabe perfeitamente pelo seguinte motivo, tem uma discussão de uns vinte anos para cá sobre inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio. Até na tese de doutorado do João de oitenta e nove, ele fala que nós precisamos ensinar a física do século XX ante que ele acabe, e o século XX acabou e nós não ensinamos. E a questão é assim, você ensinar para o aluno $F = m.a$ e ensinar, por exemplo, os trabalhos do Einstein $E = m.c^2$, da maneira como está a estrutura de ensino hoje em dia tanto faz ensinar $E = m.c^2$ ou $F = m.a$. Você ensinar para um aluno que a segunda lei de Newton é $F = m.a$ funciona perfeitamente bem, ou seja, você elabora exercícios para aquela equação, falando que é a segunda lei de Newton, vai funcionar perfeitamente e vice e versa. Mas isso porque tanto a segunda lei de Newton como a teoria da relatividade trabalhada na sala de aula sem laboratório, sem discussão, sem pesquisa ela é abstrata, ela não faz sentido, ela só serve para fazer exercícios e tirar nota na prova, no geral é isso que acontece na maioria das escolas, no entanto, são essas as teorias abstratas para o universo do aluno, se você fala de criação, você pega a origem do universo, *Big Bang*, você trata o *Big Bang* como origem do tempo do espaço, então isso influenciaria diretamente a vivência do aluno, a história de vida do aluno. Eu tenho trabalhado na periferia um bom tempo, onde você tem uma visão criacionista bem forte, bem enraizada, e essa é a criação verdadeira, a verdade é que o universo foi criado dessa maneira, o homem foi criado dessa maneira, e por isso o criacionismo é muito forte, talvez por todo o Brasil.

Entrevistador: Você já foi questionado sobre isso?

PA: AH já!

Entrevistador: E como você lida com isso?

PA: Bom! Eu costumo provocar. Costumo dizer que eu não acredito em nada, que não existe nada, ainda que na verdade eu não tenha posição definitiva. Esses dias mesmo, nós estávamos falando sobre o movimento do Sol, que é o que eu estou trabalhando agora lá no SESI, a parte de astronomia descritiva. Falando sobre o movimento do Sol “Então o Sol tem um movimento diário visto da Terra”, eu representei o planeta e o Sol, o Sol passando no céu visível e depois no céu não visível para que está em dada posição do planeta, então começou uma discussão “Pô professor! Mas então o Sol está lá embaixo”, e parece que é uma discussão idiota, uma questão óbvia, mas quando você provoca os alunos com quatorze anos de idade e eles se questionam “Pô! O Sol a noite está lá do outro lado”, é estranho, eu mesmo me assusto as vezes, talvez porque eu sempre gostei disso. Baseado nessas discussões um aluno me questionou uma vez “Mas então não tem inferno”, e que eu costumo provocar, eu gosto de provocar, detalhe, eu nunca tive problemas.

Entrevistador: Até que eu achei interessante essa sua posição, já que uma vez que a religião impõe o criacionismo como verdade e você vai e diz que nada existe pode ser uma maneira de fazer o aluno pensar, pensar criticamente e decidir de que lado ele vai ficar. Porque geralmente ele acaba aceitando aquilo que é falado para ele sem crítica nenhuma, ou seja, ele só aceita. E você colocando dessa maneira pode fazer ele se questionar.

PA: Tem uma questão assim, como eu trabalho isso no final do ano eu já conheço os alunos, porque ele tem que ter confiança em mim também, não adianta eu provocar se eles não confiam em mim por que senão a provocação vai ser vã, não vai fazer sentido. Mas voltando a questão se teria problema em trabalhar as duas teorias juntas, eu acho que não tem problema nenhum, só temos a ganhar o problema é justamente questão do tempo, ou seja, quanto tempo você vai liberar para esse tipo de discussão, como eu costumo usar uns três quatro meses para o estudo da astronomia eu acho fantástico.

Entrevistador: E que hoje tanto que se fala que a física é ensinada como se fosse a verdade “Olha fulano desenvolveu essa teoria” simples assim criando aquela visão estereotipada do gênio. Eu acho que levar essas experiências históricas para a sala de aula, levar uma teoria que não deu certo, mas era interessante, por exemplo, muitos professores chegam a trabalhar geocentrismo e heliocentrismo de uma forma simplista, apresenta-se o geocentrismo como a teoria errada e o heliocentrismo como a teoria certa, que superou o geocentrismo, então não existe uma discussão crítica sobre a evolução do pensamento científico. Então é nesse ponto que eu estou me apegando, não se coloca o aluno para pensar sobre a importância que o geocentrismo teve no desenvolvimento do heliocentrismo.

PA: Então, mas uma coisa que eu estou discutindo com eles agora é o movimento dos astros, considerando a Terra em repouso, então para estudar o movimento do Sol, para definir verão, inverno, equinócio, solstício enfim, eu estou definindo a Terra em repouso sem movimentando em torno do Sol, então eu consigo descrever a trajetória do movimento do Sol e das estrelas. Eu passei alguns trabalhos de pesquisa para eles e teve um grupo que falou de constelações e pegou a questão da eclíptica “Então tem a eclíptica, o Sol passa por essas constelações o que dá o zodíaco” e eu achei bem legal assim, e você defini uma trajetória para o movimento do Sol sem problema nenhum, e aquela pergunta “ah! O Sol está em repouso?” não está em repouso, está se movimentando assim como a terra, com uma lógica característica que depende do referencial, então eu não vejo problema em trabalhar, qualquer discussão que você ponha é muito válido.

Entrevistador: Além de trabalhar esses modelos de universo nós também fizemos uma pesquisa sobre mitos de criação. Você já trabalhou algum?

PA: Não! Mitos de criação não, dentro dessas provocações eu costumo trazer a ideia de adão e Eva, mas nada de mitos de criação fora do cristianismo, mesmo porque eu também não conheço.

Entrevistador: Existem vários mitos que no geral são fantásticos, como o maia, o egípcio, o babilônio, são todos cercados de beleza e eles representam bem a cultura do seu povo, além de serem muito interessantes porque naquele momento histórico o mito resolvia todos os problemas, explicava o movimento dos astros, de forma simplória, mas era suficiente para aquele povo naquela época, mesmo porque não tinha porque se perguntar mais do que o mito estava respondendo. Então nos fizemos essa pesquisa sobre mitos e eu queria saber se você acha que cabe isso na aula de física, uma vez que existe muito preconceito, já que não se trata de um conhecimento científico. Você acha que esse conhecimento cabe nas aulas de física, mesmo que seja para fazer um paralelo entre os mitos e os modelos científicos.

PA: Sim, sim! Eu me lembro de ter lido há algum tempo o Bhagavad Gita e o Tao Te Shing, que eu gostei muito, e tem muito disso dos opostos, uma simetria no universo, essa ideia de simetria que eu acho que está presente na física com força, então a física é simétrica, grande parte de sua teoria é simétrica e nos mitos essas ideias simétricas aparecem. Mas eu não sei, ao longo dos anos eu tenho me tornado muito objetivo com a física, se a gente precisa falar de tal teoria eu falo de tal teoria da maneira mais objetiva mais fria possível, eu não sei se é pela quantidade de aulas que eu tenho dado, a quantidade de turmas que eu tenho, em agosto eu tinha doze primeiros anos, então eu tinha muitos primeiros anos e um terceiro. Então você trabalhar com um tema que gera um debate em dez, doze salas é chato, então eu acho que eu fui me tornando, no início eu dava poucas aulas, logo que eu me formei eu tinha três primeiros anos dois segundos e era tudo muito novo, depois você vai pegando mais aulas, mais turmas e o seu tempo de preparação das aulas vai encurtando, eu me tornei bem objetivo. Esse ano foi o máximo, eu cheguei no meu limite de objetividade, porque em janeiro eu não tive férias, em São Caetano como eu era CLT, em janeiro eu tive que ficar na escola fazendo nada, então eu aproveitei e preparei aula para o ano inteiro, então eu preparei aula uma a uma para o ano inteiro. Então eu entrava em sala de aula eu pegava o meu diário e se eu tivesse parado na aula sete eu ia para a aula oito, eu já tinha a aula preparada sem provocação nenhuma, sem gosto, sem prazer, mas é claro que em cada aula surgem questões. Mas eu acho que trazer esse tipo de discussões sobre mitos, religiões ou o que quer que seja exige uma preparação bem cautelosa, e eu acho que é válido, se é para defender eu defendo que é válido, mas que é difícil é, pelo menos eu que nunca estudei isso teria que estudar, algo extra e eu não me disporia não, da maneira que eu estou ultimamente eu não me disporia.

Entrevistador: Para finalizar então! Tem como você citar para mim quais as dificuldades que você acredita que existem em levar a cosmologia para a sala de aula.

PA: Primeiro é o tempo de estudo, o professor não tem tempo, ele não é pago para estudar e ninguém quer trabalhar de graça, eu acho isso um motivo muito importante, o professor não é pago para estudar, então não tem como. Segundo, historicamente esse não é um tema trabalhado em sala de aula, a grande maioria dos professores já tem uma história no ensino, e ele vai dar continuidade àquilo que ele está trabalhando há vinte anos e tem dado certo. Então tem um problema histórico de quebra de paradigma do currículo de física, o problema profissional, tempo de dedicação ao estudo disso. Espaço eu acho que não é um problema porque você pode trabalhar em sala de aula não precisa de um laboratório para trabalhar

em sala de aula sem problemas. Formação do professor eu acho que é forte também, na minha formação eu tive aulas de gravitação, cosmologia e astronomia, algumas por interesse meu, pois eu fiz muitas disciplinas no IAG que eram optativas, mas eu acho que a maioria dos cursos de formação não oferece, apesar de eu não ter dados, mas não oferece uma formação adequada para esse assunto. Lá na USP a única obrigatória é gravitação que não é voltada para cosmologia, mas sim para gravitação, e tem alguns professores que trabalham ela de maneira bem fria mesmo, sem história, sem epistemologia, sem cosmologia enfim. Então eu acho que os problemas principais são o tempo do professor e a formação, são esses pontos que eu acho que deveria ser tratado com mais carinho.

(Entrevista com o professor do perfil B, denominado PB)

Entrevistador: Bom! Primeiramente eu queria saber sobre o seu nível de interesse pela cosmologia. Diante daquele questionário, onde 160 pessoas acabaram respondendo, eu tive vários perfis.

PB: Que bom!

Entrevistador: Eu tive uma adesão muito grande! Mas como isso é uma entrevista qualitativa e eu preciso analisar bem os dados, eu selecionei uma pessoa de cada perfil. Os perfis que eu encontrei, com relação ao interesse, foram esses daqui (foi apresentado um impresso contendo os perfis). Eu acho que a cosmologia é importante por quê? Perfil 1: “Porque ela naturalmente desperta a curiosidade e o imaginário dos alunos, e dessa forma a gente pode atrair eles para o mundo da ciência”. Perfil 2: Porque é um tema extremamente interdisciplinar, dá para trabalhar diversos temas da física e até de outras matérias” as pessoas se focaram muito nisso. Perfil 3: “Porque”, foi mais vago, mas eles disseram o seguinte: “Contribui na formação intelectual dos alunos aprimorando a visão de mundo deles”. Perfil 4: “Possivelmente seja um tema que deu origem ao pensamento científico, e abordá-lo torna possível discutir a natureza da ciência através da rica história e dos pensamentos filosóficos envolvidos”, ou seja, a pessoa foi mais pelo viés histórico e filosófico. Perfil 5: As pessoas se agarraram muito aos problemas de levar a cosmologia para a sala de aula “Ah, é muito legal a cosmologia, mas tem alguns problemas como por exemplo: o currículo é saturado, não tenho tempo de dar isso em sala de aula, o vestibular não cobra isso, a minha escola é particular, então estou preocupada com o vestibular e um monte de problemas vão surgir”. Então eu queria que você fizesse o seguinte, que você numerasse, como são 6 perfis, queria que você numerasse em grau de importância para você, com qual perfil você se identifica mais e você vai descendo até chegar no número 1 com o que você se identifica menos.

PB: Eu numerar de cinco a um?

Entrevistador: Isso!

PB: Ficou complicado, pois eu acho o primeiro muito importante, se puder colocar a mesma nota.

Entrevistador: Se você quiser repetir a mesma nota pode repetir também.

PB: Então está bom! Eu gosto de aprofundar porque alguns alunos prestam atenção, engraçado! Eles prestam mais atenção quando um aluno pergunta alguma coisa e vou

respondendo para ele, a sala por mais que seja barulhenta começa a parar e vem alguns alunos, que normalmente nunca participam da aula, e trazem questões em cima disso, então falar que não dá para aprofundar, é claro em física eu não entro em equações complicadas, mesmo porque eu não preciso fazer isso.

Entrevistador: Nem é o objetivo.

PB: Mas na astronomia sim, porque são eventos que mexem com eles, claro, uma coisa que mexe com eles bastante são os filmes de Hollywood, que chocam, eles vêm fazendo perguntas, e eu gosto porque chocou em casa e ele trouxe, ou ele viu alguma notícia e trouxe, então se eu puder repetir a nota é melhor.

Entrevistador: Pode repetir.

PB: Porque tem coisas aqui, vestibular eu não ligo, e eu não ligando acho que foi assim que consegui ganhar mais alunos. Agora aqui dentro de 1 a 6, claro, eu vou colocar 1, acho que facilita para você. Esse interdisciplinar eu achei muito bom, porque inclusive uma coisa que também desperta o interesse deles é quando a gente fala sobre a vida, ou a possibilidade de vida, só com isso eu já vi gente que não parava de falar: “Então é possível ter vida?” É possível sim. Então nós temos que verificar dentro da astrobiologia como que é. E isso me ajudou a debater com o professor de biologia o que ele define como vida, foi um debate interessante, as próprias crianças vão atrás, perguntam ao professor de biologia, e voltam comigo, e eu vou lançando as perguntas. Mas eu vejo um problema que acontece, eu não sei se vai chegar nesse ponto, que é assim, se eu não estou preparado eu vou atrás, mas a maioria dos colegas de profissão, infelizmente não vão muito atrás. Então, apesar de ser interdisciplinar, eu vou ter que bancar o “cara” que vai ter que entender um pouco mais de química para falar, um pouco mais de biologia para falar, porque os outros ou não estão interessados, é um pouco difícil encontrar na rede, eu trabalho só na rede estadual, é difícil encontrar isso. Na rede particular é pior ainda porque é proibido, enquanto na pública você tem atribuição, mas o pessoal não quer, na particular não precisa querer porque é proibido.

Entrevistador: É verdade!

PB: Então minha classificação seria assim, peço desculpa, porque não sei nos textos como você fez os perfis, eu devo ter colocado assim. Essa eu não colocaria de jeito nenhum.

Entrevistador: No questionário você acabou falando que já chegou a trabalhar alguns temas de cosmologia em sala de aula, você chegou a levar a cosmologia para a sala de aula, ou não, ou só astronomia?

PB: Como que você dividiria cosmologia e astronomia?

Entrevistador: Você tratou, por exemplo, da criação do universo?

PB: Sim.

Entrevistador: E como você fez isso?

PB: Bom! Eu estou seguindo bem os cadernos do estado, no primeiro ano. Para falar a verdade, o caderno do estado nessa divisão remete aos pcns, pcns+, e por uma ótima coincidência, eu já seguia essa divisão na hora que eu fazia meu plano de aula. Eu estou na rede desde noventa e oito, então quando eu montava meu plano de aula, que hoje segue os

caderninhos, e não dá para fugir disso, quando eu chegava em universo e vida, eu passava um pouco por astronomia, leis de Kepler, Newton, mas se eu não quisesse não adiantava, porque se eu começava a falar sobre isso os alunos puxavam sobre uma formação do universo, formação de estrela. Eu consegui em 2009, participando do ano internacional da astronomia, os painéis em tecidos que o pessoal distribuiu, eles ficaram comigo e eu levo nas escolas, o pessoal pede! Só que tem que estar na minha escola, mas se pedem eu vou levando e mostrando a evolução do universo, através dos painéis do Augusto Damineli, não sei se você já chegou a ver, são bacanas! Então eu começo com astronomia um pouco histórica, mas necessariamente chega, agora eu entendi o que você que saímos de uma astronomia e vamos para uma cosmologia, eu faço esse caminho.

Entrevistador: Entendi! Mas é uma atividade que acaba morrendo em uma aula, ou duas?

PB: Não! É o semestre inteiro. Eu começo o semestre, para falar a verdade eu termino o segundo semestre já jogando para a criançada qual a diferença, e eles vão pesquisar, qual a diferença entre asteroide, cometa, estrela cadente. Eles vão jogando algumas perguntas, e eu coloco para eles pesquisarem, quando eles trazem os resultados nós discutimos e a partir daí vamos ver como que se movimenta como que.

Entrevistador: Entendi! Você trabalha isso em que série?

PB: Primeiros anos.

Entrevistador: Nos primeiros anos do ensino médio! É o que está nos cadernos?

PB: É o que está nos cadernos! Nos segundos anos eu volto à temática, mas são apenas algumas aulas e não o semestre inteiro. Mas como eu tinha falado para você, em julho desse ano, durante as férias, eu pensei: “Poxa eu poderia mudar a forma de dar o conteúdo, e utilizar só astronomia”. E agora, como eu entendi um pouco mais o que você me explicou, a cosmologia de outra forma, mais geral, em todas as séries. Então nos segundos anos eu aproveito o que eles mais gostaram de cosmologia do primeiro ano, para falar, como utilizar o efeito Doppler, como que nós vemos velocidade, como que podemos descobrir a velocidade de afastamento de galáxias ou de estrelas, ou como é que eu sei, por exemplo, que tem uma estrela e se ela pode ter estrelas em volta “eles utilizam o efeito Doppler por conta desse jogo que elas têm, como se elas estivessem bamboleando, e uma das formas que eles têm de fazer isso”, então eu passo isso para os alunos do segundo ano também, mas são algumas aulas, não é um semestre, mas também não é uma aula, nem são duas, nem três. No segundo ano chega a um mês pelo menos, quase um bimestre nós falamos sobre isso. No terceiro ano é um pouco mais reduzido, eu acho que o terceiro está sobrecarregado, mas na hora de falar de partículas elementares, que é também proposto, eu puxo dentro do programa, como quais são as partículas? Ou porque que existe o LHC? Então eu volto para o *Big Bang*, e faço uma retomada no terceiro ano, mas não passa de um mês, a única série que tem um bom desenvolvimento é o primeiro.

Entrevistador: E os alunos se interessam bastante?

PB: Bem mais do que com a física clássica, eu comecei a expandir nas outras séries por conta disso.

Entrevistador: Você chegou a trabalhar o *Big Bang*, ou alguma coisa assim, ou não?

PB: Sim, eu falo.

Entrevistador: E você encontrou alguma dificuldade em levar esse modelo para a sala de aula?

PB: Não, eu levo! Eu me preparei com o TF, em que ele mostra alguns modelos cosmológicos, o que eu discuto com eles é sobre, claro, já que não dá para aprofundar, eu tento mostrar como que funcionam as teorias na ciência, “Eu tenho teorias que resolvem parte do problema e então eu posso ir juntando”, se eu falar historicamente do *Big bang*, a ideia inicial era só uma grande explosão e pronto, mas nos sabemos agora que é uma grande explosão com um universo estacionário moldado. O *Big bang* originalmente era um ponto, uma anomalia no espaço tempo onde o ponto seria muito pequeno, mas você tem a teoria da maçã onde o universo não seria infinitamente pequeno, e sim mais ou menos do tamanho de uma bolinha de tênis. Então isso para eles é interessante, essa expansão, o porquê que nós não conseguimos ver, enxergar, além de trezentos mil anos depois desse ponto de explosão, apesar de termos teorias nos não pode observar com telescópios, isso chama bastante a atenção sim, essa formação inicial. Uma coisa que eu gosto de tocar, e conversei com o AD sobre isso, é que antes de começar a tocar no assunto com os alunos, eu dei aula em algumas regiões em que boa parte dos alunos era de uma certa religião e isso dava um problema, então.

Entrevistador: Essa era minha segunda pergunta, se você debateu em algum momento com um aluno que (não completa a frase).

PB: Então em dois mil e dois eu dei aula no Capão Redondo tem, hoje eu moro em Jundiaí, e no Capão Redondo tem o IAE, que é o Instituto Adventista de Ensino, e tem várias famílias adventistas. E foi lá que eu me debati com vários alunos, apesar da maioria ser mais tranquila, existia um que insistia paulatinamente nisso, e eu na época não estava bem preparado.

Entrevistador: Ele defendia o criacionismo?

PB: Criacionismo, pronto e acabo.

Entrevistador: Então não tinha conversa? Ele era fundamentalista?

PB: Fundamentalista! O aluno em si era fundamentalista, então ele provocava a sala, a turma, na hora de tentar falar qualquer coisa assim que tangenciasse o assunto, pronto ele parava a aula, e ficava discutindo, debatendo, e os outros perdiam o rumo. Isso foi em dois mil e dois, mas com o tempo eu fui tentando aprimorar. Quando eu consegui levar o AD, em dois mil e nove lá para Jundiaí, eu conversei com ele no meio do caminho sobre esse tipo de problema, e ele disse: “Olha eu tenho vários colegas de trabalho que são religiosos, não deixam de ser por fazer essa pesquisa, e eles não deixam de ver o divino dentro dessa linha”. Então, uma prática que eu passei a ter desde o debate com esse menino de dois mil e dois, foi fazer uma separa entre ciência e religião, desde o começo, colocando que a escola é laica, então eu sigo esse tipo de abordagem, e a religião eu deixo de lado pra não comprometer as aulas, ou estragá-las, já que eu não estou aqui para desprestigiar religião nenhuma. Eu faço isso todo começo de ano pra todas as series: “Olha lembra que no começo de ano eu coloquei ciência, religião, mito, filosofia, para a gente poder parametrizar esse trabalho o ano inteiro, para evitar esses problemas”, já nós sempre encontramos um fundamentalista na escola.

Entrevistador: Possivelmente porque nós vivemos num país cristão, então o número de cristãos é gigante. Mas você se deparou só com esse caso, ou sempre tem um no meio do caminho?

PB: Todo ano tem um, mas eu posso falar assim: “esse foi a pedra fundamental do meu sapato”.

Entrevistador: Foi seu aprendizado!

PB: Por isso eu aprendi a começar o ano falando: “Olha vamos fechar assim, a ciência trabalha com a pergunta, por exemplo, como as coisas são como são? Bem fechado, bem quadrado”, mas só para delimitar para eles, como as coisas são como são, “Então nós trabalhamos com modelos, mas se você quer a verdade pura e simples ela está na religião, porque ela responde o “porquê”. Então! Para a gravidade nós temos vários modelos, desde o Aristóteles até o Einstein, por exemplo, temos vários modelos e eles estão sempre respondendo como que o objeto cai, e você consegue explicar, mas o porque que existe a gravidade é com seu pastor, rabino, padre. E eles acham isso bom, inclusive aqueles que são religiosos gostam disso, porque eles se sentem mais confortáveis ao fazer o questionamento dentro da sala de aula.

Entrevistador: Então essa foi uma maneira boa de contornar a situação, de resolver os problemas?

PB: Sim, eu consegui contornar logo, bem na primeira semana de aula em todas as salas eu passo isso, passo na lousa, converso com eles. É um conteúdo inclusive que eles têm que saber, que vai cair em prova, alguma coisa assim, para fazer com que eles leiam, debatam, escrevam, porque depois durante o ano se ele esquecer eu posso falar: “olha lembra que no começo do ano eu fiz assim” resolve, olha! Noventa e nove por cento dos problemas. Esse ano eu tive um, mas aí foi um ateu.

Entrevistador: Um ateu?

PB: No meio da sala de aula, ele disse: “Ah! deixa o professor falar” e a menina só estava colocando a visão dela, religiosa, mas dentro da cultura dela a religião tinha levado ela até aquele conhecimento, então quando ela colocou aquilo era o conhecimento mais alto que ela tinha, dentro de uma cosmogonia, da formação do universo para ela dentro da religião. O garoto, que se dizia ateu, achou que ela estava pregando, e não, ela estava colocando o que ela sabia, e ele ficou bravo, então eu falei: “Calma! não é assim, é o que ela sabe”, acho que isso foi em junho, nós estávamos começando o assunto, esquentando os motores, e aconteceu essa pequena discussão na sala de aula por conta disso, mas eu cotorno esse problema dessa forma.

Entrevistador: Muito bom! Como eu tinha falado, nós estamos então entrando em uma linha de trabalhar a física, de uma forma temática. E eu queria saber sua opinião sobre isso, se você acha que é possível fazer desse jeito?

PB: Eu não só acho que é possível, como eu acho que é necessário, não dá mais para você tentar, já não dá faz tempo, você não pode ensinar a física como qualquer coisa, de qualquer jeito, tem muito conteúdo, você não vai abarcar todos os conteúdos, porém dependendo da turma, da sala, da escola, você nesse conjunto consegue encontrar a temática que vai melhorar mais. Na minha experiência em sala de aula na rede pública de noventa e oito até agora, eu vi que a temática astronomia e cosmologia chamam bem mais a atenção do que radiações, que eu tentei dar no curso de...

Entrevistador: Como é que, radiação?

PB: Radiação, eu comecei testando isso em noventa e oito, noventa e nove, dois mil, não tinha livro didático, não tinha um caderninho, não tinha nada, então nós tentávamos as coisas. Eu tentei um curso de radiações, falando de partículas, partículas unitárias que se chocam, falava de quantidade de movimento, passava para força e seguia um programa de física, só que com essa temática. Foi um horror! Não deu certo, talvez pela inexperiência, apesar de eu conhecer bastante, trabalhar isso em sala de aula não despertou o interesse deles, acho que foi porque na época eu estava falando de partículas que eram abstratas, como: átomos, moléculas, e qualquer coisa do gênero.

Entrevistador: Curioso! Porque é um tema superinteressante também.

PB: Eu adoro! Mas eu achei complicadíssimo! Eu trabalhava em São Paulo na época, então nem cheguei a tentar de novo em Jundiaí, não vi futuro nisso, eu achava que era por conta da abstração, mas abstração por abstração, quando eu vou falar do que existe no céu que eu não posso ver direito nem tocar? É muito mais abstrato, não é?

Entrevistador: É verdade!

PB: Com o melhor dos telescópios eu consigo ver só algumas coisas. Então eu acho complicado.

Entrevistador: Entendi! Desculpe, fugiu a pergunta. Apesar de a cosmologia ser muito legal, muito interessante, por que ela não é aplicada? Por que quase nenhum professor de física fala sobre o assunto? Ou quando ele vê a matéria no caderninho ele acaba pulando? Parece que ele tem medo de trabalhar aquilo. Eu queria que você falasse pra mim sobre essa dificuldade que o professor encontra em lidar com isso, em levar a astronomia ou cosmologia, que seja num nível mais ou menos avançado, para sala de aula, já que ela tem essa capacidade de despertar o interesse do aluno. Porque quando eu tava lecionando, a maior dificuldade que eu encontrei em sala de aula, foi em fazer o aluno prestar a atenção, fazer o aluno se interessar pelo conhecimento, e a cosmologia parece ter esse caráter de despertar o interesse do “cara” pela ciência. E por que nós não usamos isso? Por que isso é praticamente inexistente? Tem alunos do ensino médio que entram e saem e nunca ouviram falar.

PB: Eu fiquei um ano e meio como PCOP de Jundiaí, então eu era professor coordenador de oficina pedagógica, e orientava os coordenadores e os professores da rede. Eu trabalhava com setenta, setenta e duas escolas no começo, depois de algumas modificações ficamos com sessenta e nove. Conversando com os professores, eu não consegui montar um curso que tivesse vinte professores interessados em modificar a prática. Eu teria pelo menos dois professores em cada escola isso daria 140 professores, apesar disso eu consegui um curso para apenas cinco, mas eles não liberam curso para menos do que vinte. Então mesmo que eu colocasse até meus colegas, a gente normalmente faz isso, por exemplo, se temos dezoito, dezessete pessoas interessadas eu pego outros colegas dali mesmo do trabalho e inscrevo-os, e assim temos os vinte e conseguimos passar para frente. E assim tentamos montar algo, depois que o curso começa conseguimos até mais pessoas. O professor em si, e eu vi isso aqui na USP, nos cursos verão e de inverno, vi nesses cursos, vi nos encontros, que boa parte dos professores de física atuantes na rede, não são físicos, não são da área de física, então isso já é um grande problema, ou é um professor de matemática, ou um química, ou um de biologia que teve alguma coisa de física, um professor de ciências. Então ele mal consegue trabalhar algumas equações básicas da cinemática, e assim ele passa o ano inteiro falando de cinemática, MU e MUV. Ele acha que ele ensinou física, que ele trabalhou com física, então no primeiro ano se ele não der cinemática ele acredita que não deu o primeiro ano. Ele não

consegue nem chegar à astronomia, então em vez dele chegar à astronomia para ele poder puxar ou fazer qualquer outra coisa, um gancho para trajetória, para velocidade, leis de Kepler, de uma forma indireta a lei das áreas para falar de velocidade, em minha opinião ele faz porque não está preparado, os professores de física não estão. Aqui no IFUSP nós temos uma disciplina de astronomia obrigatória, se eu não me engano, nem sei se é obrigatória mais, não sei nem se era obrigatória na minha época em noventa e pouquinho. Mas eu fiz, adorei! Fiz com o Bosco, assim fica mais fácil de adorar, o Bosco e o (incompreensível). Mas falta isso, acho que falta curiosidade para o professor pesquisar o material, ele vê no jornal (incompreensível), por exemplo, o efeito Doppler que eu descrevi, eu não aprendi as coisas novas, eu vi num jornal, então eu entrei na internet para ver qual forma que o pesquisador utilizava pra encontrar planetas em outras estrelas, mas isso ele descreve com um efeito Doppler, claro que eu não preciso ir muito fundo com os alunos. Mas consegui me atualizar, não tem uma disposição em se atualizar do próprio professor de física, então além da rede já ter professores de outras áreas, complica! Os de física já têm dificuldade em se atualizar, então o resto é aqueles dez por cento de professores que querem.

Entrevistador: Que fazem algumas coisas.

PB: Que faz uma coisa diferente, desses dez por cento que fazem alguma coisa diferente, das duas uma, ou a escola ajuda ou a escola fala que ele está inventando coisa, está saindo do caderno do aluno (fornecido pelo governo). E depois, isso eu sei porque eu vi, o supervisor vai passar, o supervisor em ensino, vai passar para vistoriar os cadernos dos alunos para saber se está aplicando o caderninho.

Entrevistador: Ou seja, tem que preencher o caderno?

PB: É, e isso é um absurdo, a coisa é pensada de um jeito, coitado de quem pensou nos cadernos, deve ter pensado de um jeito, foi feito de outro e aplicado de outro ainda.

Entrevistador: Está certo! Então para finalizar nossa entrevista, nós estamos então fazendo uma pesquisa sobre modelos de mundo, então estamos colocando todos os modelos de mundo que encontramos pelo caminho, são muitos! Nós começamos com os modelos da física moderna, e então nós debruçamos bastante sobre a teoria do *Big Bang* e do Estado Estacionário. Como você já falou a teoria do *Big Bang* você já trabalhou em sala de aula. A teoria do Estado Estacionário você já levou? Você levaria? Não? Sim? Por quê?

PB: Não, não!

Entrevistador: Nunca trabalhou?

PB: Não trabalhei com Estado Estacionário não, é assim, como modelo de mundo eu levei todos os modelos possíveis, mas para discussão sobre as formas eu só fico no *Big Bang*.

Entrevistador: Só fica no *Big Bang*!

PB: Mas eu mostro, assim, na hora que eu estou introduzindo o *Big Bang* eu falo que é só mais uma das teorias.

Entrevistador: Mais uma!

PB: Acho que eu tinha falado isso um pouquinho antes, é que aquelas que são compatíveis, vão se agregando, então você tinha um *Big Bang* e um universo inflacionário que eram

historicamente separados (hipótese), e foram se juntando e o que se tem hoje é um pouco mais adaptado, entre o *Big Bang* de um ponto infinitesimal e uma bolinha de tênis, o universo da maçã, ficamos com a maçã então você está agregando, então é diferente do estacionário. Porém eu falo do estacionário quando nós chegamos na questão função ômega do universo, se é maior que um, se é menor que um ou igual a um, ou seja, se ele expande totalmente, se ele vai ficar parado, ou se ele é... E então no caso vem uma questão interessante, que é o céu, se eu tiver um universo estacionário, por exemplo, eu vou ter uma emissão das estrelas direto, então vai chegar um ponto que o céu noturno vai ser claro. Então a própria expansão do universo traz essa questão junto, uma forma de explicar, ou uma das formas de explicar porque que o céu noturno é escuro, essa é uma questão que a gente também coloca.

Entrevistador: Você chega a colocar, você não chega a trabalhar o estado estacionário, mas dá umas pincelada então?

PB: Sim, eu não posso falar que trabalho o Estado Estacionário.

Entrevistador: E que parece que existe uma barreira, mal se trabalha o *Big Bang*, o Estado Estacionário então nem aparece, talvez porque seja uma teoria que eles falam que está errada.

PB: Eu não coloco as que estão erradas porque, eu não posso nem falar que esta errada eu só estou utilizando sua linguagem, mas eu coloco sim as teorias que existem e quais são os problemas delas, se eu não me engano no TF, no livro dele sobre o despertar da via láctea, se eu não me engano ele coloca essa, não sei é esse livro agora, você está me pegando, eu sei que eu utilizei um texto que tem essa característica, de tal teoria resolve tais problemas, mas ta falhando em tal ponto.

Entrevistador: Bacana!

PB: Então é nesse ponto que eu estaria colocando *Big Bang* e outras teorias, por exemplo, quando você falou universo estacionário, até cair a ficha do que você estava falando demorou um pouco. “Ah ta! Foi quando eu discuti o céu noturno”

Entrevistador: Entendi! Eu fiz uma pesquisa no ano passado com professores de ciências, quem dão aulas de ciências são os professores formados majoritariamente em biologia.

PB: Tem interpretação errada.

Entrevistador: E nós acabamos discutindo sobre o modelo copernicano e ptolomaico, ou seja, como que ele levava isso pra escola, já que mal tem formação para lidar com isso em sala de aula. E acontece que ele acaba fazendo de uma maneira assim “olha! O modelo copernicano é legal, esse está certinho, mas esse daqui o geocêntrico foi superado, não foi legal, não deu certo, estava errado”. Então não existe uma discussão crítica apresentando o modelo para o aluno, que é um modelo belíssimo e que através dele nós conseguimos chegar no modelo heliocêntrico. Para finalizar nós fizemos um levantamento sobre, você também acabou falando sobre cosmogonia.

PB: Posso só comentar sobre isso?

Entrevistador: Pode.

PB: Eu proponho para os alunos um experimento, eu pergunto a eles se a Terra gira em torno do Sol. E eles falam “é óbvio”, “então me diz qual experiência que vocês fizeram para saber

isso”, risos, sonzinho de grilo, criancinhas com cara de paisagem. “Olha e se você sair todo dia de manhã deitar na grama da sua casa e olhar o céu, você vai ver o Sol passando, você vai volta às 18h da tarde, vai pra casa, dorme, faz isso e todo dia você vai ver o Sol passar. Bom, se você vê isso todo dia o que você vai me falar? Que a Terra gira em torno do Sol ou o Sol em torno da Terra?”. Fica difícil, mesmo falando da experiência, mesmo que o pessoal entenda que estamos vendo o Sol passando, eles continuam reproduzindo aquilo que eles ouviram, que era obrigatório “A TERRA GIRA EM TORNO DO SOL”, agora olha bem não é fácil falar isso, o Copérnico vai chegar nessa.... Quando eu passo essa passagem do geocentrismo para heliocentrismo, eu falo dessas experiências que eles podem reproduzir, é uma tarefa que boa parte pode ir a noite verificar, “olha! é uma boa experiência e você vê o por do sol, que estrela, que constelação, qual conjunto de estrela está nascendo naquela hora, marca isso e vê, é claro que você não vai fazer isso o ano inteiro, mas teve gente que fez por isso que chegou em uma boa teoria, mas só de você fazer isso você já sabe que (eu já to passando uma parte dos resultados) a estrela vai estar mudando, se antes ela estava nascendo, o sol se pós aqui ((aponta com os dedos para o alto fazendo referência a posição do sol e das estrelas)), eu coloco assim vai que nasceu o cruzeiro do sul nesse horário aqui, daqui a seis meses vai estar nascendo na posição totalmente oposta, só um ano depois é que ele volta a nascer na mesma posição e horário”. Assim as pessoas começam a se perguntar, e alguns fazem a noite, ou tentam fazer, colocar os quatro dedos lá (hipótese) coisa e tal, então é uma coisa que eu acho que é bacana, nessa parte eu não sabia que no ensino de ciências já tava se discutindo isso.

Entrevistador: Aparece.

PB: Porque se eu fosse um professor de biologia eu não discutiria isso, eu ia discutir vida, por exemplo, eu abordaria vida fora da Terra, mas eu vejo pelo menos meus colegas lá, eles não fazem isso, ele faz o “sisteminha” planetário e pronto, de bolinha de isopor.

Entrevistador: Parece que a ideia que a terra gira em torno do Sol já está carimbada, já está lá dentro, e eles não se questionam o porque, não tem um senso crítico do porque, como que isso funciona?

PB: É

Entrevistador: Já está lá ele aceitou e acabou.

PB: É nessa hora que eu falei para eles “A escola é uma maquina de moer gente, porque você veio com essas questões e sabe que não pode ser diferente, mas se você falar ao contrário alguém vai carimbar você, você é BURRO, e então a escola foi acabando com a sua criatividade, você chega aqui no ensino médio nós fazemos perguntas e você nem responde, porque você acha que vai ser um absurdo responder, ou alguém vai te dar zero ou os seus colegas vão rir”. E como eu não sou um professor muito ortodoxo, quando o outro ri nós vamos lá brincamos um com o outro.

Entrevistador: Está certo! Então para finalizar, eu tava falando para você que fizemos um levantamento de mitos de criação, modelos cosmogônicos, que você já até chegou a citar, eu queria saber se cabe na aula de física levar mitos cosmogônicos?

PB: Olha! Eles adoraram quando eu falei do mito oriental, do livro do OM. A Terra em cima da água, que está em cima de um, eu acho, eu vou descrever essa imagem, então os nossos continentes em cima de uma grande piscina de água que está em cima de um elefante, que

está em cima de uma tartaruga, e eles adoraram! Eu fiz só um rascunho, foram as últimas aulas agora dessa semana passada, agora nós estamos em conselho na escola, por isso que deu para ficar mais tranquilo e vir aqui nesse horário. Eles adoraram aquilo, “E resolve vamos ver se resolve? vamos ver se resolve”, então eu gosto de falar sobre o modelo, “Vamos ver esse modelo aqui. Bom! se o elefante, o elefante é grande, ele se mexe rápido? Sim. Então eu posso ter o dia e a noite, e se ele mexer assim eu tenho os terremotos, então bacana! E o ano passa rápido ou passa devagar? O ano passa devagar, então eu tenho uma tartaruga levando tudo isso, Resolveu meu problema?” Eles pararam, “Resolveu”, eu parei a aula ali nas turmas, eu tenho seis turmas, eu parei em três turmas nisso, e eles acharam isso incrível, quer dizer é uma teoria bem simples, eu falei “Olha, só tem um problema”, quando eles acharam que a teoria tinha resolvido tudo eles estavam rindo, começaram rindo achando um absurdo, quando nós vimos que resolvia a parte do dos movimentos da Terra eles pararam, começaram rir, aquela risada meio sem graça. Eu falei “Bom! então a pergunta é nós saberíamos isso naquela época? por volta de três mil anos atrás? Se você não pode sair da Terra, hoje nós vemos a Terra de outro jeito, ela é uma bolinha, mas não teria como saber, então dava para resolver os problemas, e eles resolveram na época, então não teria porque perguntar onde a tartaruga estava apoiada, nunca, ou como é que a pessoa foi lá e viu isso. Mas hoje você teria como pensar, será que cabe essa pergunta para vocês”. Então eles gostam quando colocamos história, as cosmogonias, é interessante porque você entra num fio de navalha, porque parte das cosmogonias originais você está misturando cultura e religião, mas no caso eu fiz um acordo com eles lá no começo do ano, separei, o que não quer dizer que eu não vá falar. Um livro, não, dois livros interessantes do Josef Campbell, um é a entrevista dele “O poder no mito” e o outro é “O herói de mil faces”, os dois falam sobre formação do universo então eu peço normalmente para os alunos buscarem isso quando chega nessa parte, buscarem como que o índio do Xingu vê a formação do universo ou como que... Por um acaso do destino, que eu ache ótimo, o governo federal mandou vários livros mitologia dos orixás e o povo ioruba, calhou de eu ler sobre a mitologia africana e o mito deles de criação do mundo, se você pega o texto vai pensar que eles estão falando de Adão e Eva, porque eles falam que os dois vieram da lama, do barro, se você mudar o nome, acho que é o pai de _____ (incompreensível), o pai de todos, ele montou a coisa, se você só mudar e colocar o Deus dos judeus você tem o Tora, se você colocar Deus e você já tem o cristão, o mulçumano Ala. Então é divertido você vê isso e no poder do mito e no herói de mil faces, o Campbell toca nisso é interessante. É claro! Os indígenas, eu gosto de trabalhar muito sobre como que os índios veem o nascimento do mundo, os alunos, quando eu toco em constelações, eles já perguntam “Como é que os gregos viam Órion”, então eu respondo “Ainda bem que vocês estão vendo isso, porque os tupis viam uma ema aqui”, então piorou, então desenhemos a ema lá e tal. É divertido! Então eu coloco também a cosmogonia, eu sempre achei interessante particularmente eles gostam.

(Entrevista com o professor do perfil C, denominado PC)

Entrevistador: Lembra-se do questionário que eu te enviei por e-mail já faz algum tempo?

PC: Não lembro muito bem.

Entrevistador: Aquele questionário eu enviei para aproximadamente mil professores, dos quais 160 retornaram.

PC: É o retorno sempre é bem menor.

Entrevistador: Foi dali que eu selecionei esses professores para participar das entrevistas, analisei todas as respostas e separei os professores em perfis, então eu escolhi um professor de cada perfil para participar das entrevistas, e você está em um desses perfis. Agora eu vou te mostrar os perfis que eu encontre, foram cinco no total, eu queria que você comentasse cada um deles, se você acha importante, ou um perfil que você não concorde. Eu não sei exatamente em qual perfil você foi enquadrado.

PC: Bem me deixe ver aqui! O primeiro perfil A: “A cosmologia naturalmente desperta a curiosidade e o imaginário dos alunos e dessa forma pode atrair o aluno para o mundo da ciência.” Essa coisa do atrair a curiosidade me lembra um professor do mestrado MB que trabalha com história da ciência, muitos historiadores falam que história da ciência ajuda a motivar o aluno, mas não necessariamente. Essa coisa da motivação depende de como isso vai ser passado para o aluno, qual o viés, pois se você só escrever no quadro algo sobre cosmologia possivelmente isso também não vá interessar muito aos alunos. Eu estou querendo dizer que não só o conteúdo em si, mas a forma como o conteúdo é abordado, a relação do professor com o aluno isso também deve influenciar, mas de um modo geral quando eu falo de origem do universo, eu tenho alguns alunos mais envolvidos com religião, e algumas discussões acabam surgindo. A dois ou três anos atrás eu tive uma turma de segundo ano, com currículo antigo do Rio de Janeiro, era para dar cinemática, aquela coisa chata e não estava rendendo, então eu mudei todo e resolvi passar trabalhos para eles apresentar e discutir sobre ciência e religião surgiu muita coisa sobre *Big Bang* a origem do universo segundo a ciência e segundo a religião, então tivemos essa discussão e foi um aprendizado para mim e para os alunos, então nesse viés eu acho que o perfil A até se enquadra, mas estão tem essa forma a abordagem, pois o assunto pode ser ótimo, mas uma abordagem maçante, chata, desanima qualquer um.

Entrevistador: Ou seja, a cosmologia por si só não faz milagre.

PC: É assim não dá, mas a cosmologia se você coloca imagem, vídeos chama muito a atenção. Mas deixa-me ver o perfil B: “É o um tema extremamente rico e interdisciplinar, que pode ser facilmente relacionado com outros temas da física e de outras disciplinas.” Isso com toda certeza, o currículo do Rio de Janeiro mudou, acho que ano passado nos adotamos um novo currículo, com esse novo currículo no começo do primeiro e segundo bimestre já entra um pouco de cosmologia, astronomia, estações do ano, mas antes desse currículo eu já levava esse assunto para a sala de aula, essa questão da origem do universo, falo do sistema solar, como eu trabalho no museu de astronomia, essa minha formação tanto na faculdade como no museu de astronomia é bem forte, por isso eu acabo levando porque eu sei que dá certo, é uma coisa que contribui bastante. E tem esse viés, pois na questão interdisciplinar podemos entrar com a filosofia, com a religião. No estado do Rio nos temos professores de ensino religioso.

Entrevistador: É obrigatório?

PC: Não! É optativo, na verdade é opcional, mas como a escola pública é meio desorganizada não dá para fazer a triagem na hora e todos acabam fazendo, só quando surge algum conflito, pai e mãe que não gostam, só assim a direção a direção intervém, os outros alunos acabam matando aula mesmo. Bom o perfil C: “Contribui na formação intelectual dos alunos aprimorando sua visão de mundo.” Isso com certeza, esse caso da turma de segundo na época em que o currículo era antigo e eu inseri essa questão da ciência e religião, teve um grupo em particular que trouxe uma coisa interessante, que foi a questão da criação do universo em 7 dias por Deus, eles disseram que já existem intelectuais na área da teologia que afirmam que não são 7 dias, na verdade são eras, e se você pega isso e contrapõe com ciência é possível

enquadrar, e eu achei isso fantástico, e isso foi uma informação que o alunos trouxeram, entre outras coisas. Eles também trouxeram um vídeo, acho que feito na macedônia, do Einstein pequenino e um professor bem rígido falando que Deus é um ser mal, e ele dá seus argumentos e vem Einstein contrapondo “Existe escuridão?” isso deve ser uma montagem, mas o Einstein diz “Não! Não existe escuridão, o que existe é ausência de luz” então no final ele pergunta “Não existe Deus?”, isso informação que os alunos trouxeram, elaboraram apresentações em power point. É um tema muito rico, contribui muito para a formação dos alunos. Perfil D “Possivelmente seja o tema que deu origem ao pensamento científico e abordá-lo torna possível discutir a natureza da ciência através da sua rica história e dos pensamentos filosóficos envolvidos.” Isso com certeza, infelizmente isso está demorando um pouco para mudar nos livros didáticos, geralmente tem aquele capítulo tradicional que é introdução e a física num capítulo só, de algumas paginas, mas já existem alguns livros, principalmente os adotados pelo PNLD, tem o Quanta Física com uma unidade inteira, acho que no volume dois, se eu não me engano que fala de cosmologia, depois tem o Pietrocolla que também tem astronomia no volume um, em um formato tradicional, mas já introduz esses conceitos no ensino física, e tem essa questão de aproximar, uma coisa que eu costumo abordar muito com eles é a questão “A Terra se move?”, pois é muito trivial, sempre ouvimos dizer que a Terra gira, está o Sol no centro e nós girando em torno dele, então eu pergunto para os alunos “A Terra gira?” eles ficam incomodados, então nós chegamos em um ponto de confrontar geocentrismo e heliocentrismo, pois geralmente os alunos veem o geocentrismo como algo burro, como se as pessoas que acreditavam nisso eram de uma ignorância tremenda, e com os contra-argumentos eu pergunto “Você não vê a Terra girar!”, “Você não vê a Terra girar ao redor do Sol!”, então eles ficam incomodados e sentem na pele a dificuldade de sair do geocentrismo para ir para o heliocentrismo.

Entrevistador: Fantástico!

PC: Deixa-me ver o perfil E: “Primeiramente precisamos nos debruçar em alguns problemas como um currículo de física saturado para poucas aulas, a falta de formação dos professores, a cobrança “conteudista” dos vestibulares e etc.” Isso é um problema, mas como eu falei no Rio de Janeiro nós tivemos uma reformulação do currículo, o currículo é o “currículo mínimo”, mas até no mínimo a grande dificuldade que temos só dois tempos semanais, mesmo o mínimo, um encontro com 100 minutos com uma turma ao longo de uma semana é muito pouco, nos temos efetivamente por bimestre algo em torno de 7 aulas, e tem todas as dificuldades inerentes ao nosso público, a estrutura familiar dilacerada, o aluno as vezes vai para a escola obrigado, não tem aquela questão motivacional, isso são coisas que devem ser trabalhadas também, meu grande questionamento não é sobre o conteúdo, pois o grande problema é a falta de tempo. No meu colégio esse ano eles mudaram...

Entrevistador: Você está na rede pública?

PC: Sim! Na rede pública, rede estadual. O diretor fez a carga horária e ele achou melhor dividir os dois tempos semanais, ao invés de deixar os dois tempos juntos ele separou, assim nós temos 50 minutos para fazer chamadas, acalmar os alunos e tentar escrever algo no quadro, além disso, o recurso que temos em sala de aula é o quadro e quarenta ou cinquenta carteiras, então 50 minutos é muito pouco, eu questioneei bastante, pois eu gosto de fazer projeção, levar os alunos para a sala de aulas de informática, mas tem dias que eu tenho aulas com seis turmas diferentes, só no turno da manhã, assim fica muito difícil. Eu gosto de levar oficinas, trabalhar atividades praticas, pois isso motiva os alunos a focarem no tema. Então se tivéssemos mais tempo seria muito melhor, daria para trabalhar melhor, conhecer o aluno, pois tem alunos ali emocionalmente desmotivados, mas enfim, eu acho que isso tem que ser

trabalhador, esse também é nosso papel, de certa forma eu tenho trabalhado usando o maquinário que eu tenho, por exemplo, as oficinas. Eu trabalhei com uma oficina esse ano para chamar atenção dos alunos, e tentar envolver outros professores, o que é muito difícil, foi a oficina “Bolo de chocolate no microondas”, foi no segundo ano, onde trabalhamos termodinâmica, a física do microondas, a química envolvida no fermento, dava para ter trabalhado nutrição com biologia, com os ingredientes: ovos, óleo, etc. Os alunos adoram, mas o grande problema é o tempo, pois eu tenho 50 minutos para montar toda estrutura e as vezes é muito cansativo, pois são cinco ou seis turmas em uma manhã, é complicado! Uma coisa que eu tenho usado muito é o facebook, eu criei um só por conta dos alunos, o colégio tem uma comunidade onde tem informação o tempo todo, os alunos se ajudando, cursos de formação, estágios enfim, tudo sendo divulgado pela internet, dessa forma é muito fácil nós conseguirmos um contato a mais com o aluno. No museu nós conseguimos pela FAPESP doze bolsas de jovens talentos para a ciência, assim nós conseguimos trazer alguns alunos e fazer um trabalho diferenciado.

Entrevistador: Esses alunos são da escola pública?

PC: Todos os meus alunos são da escola pública, alunos do segundo anos.

Entrevistador: É importante dar oportunidades também não é?

PC: Tem que ter, nós também precisamos mostrar que a ciência não é essa coisa tão obscura que ela parece ser, senão daqui a pouco ninguém vai querer fazer.

Entrevistador: Bom! Eu me esqueci de perguntar sobre a sua formação.

PC: Bem! Eu sou formado pela UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em licenciatura, quando eu estava na faculdade eu fiz uma iniciação científica com a professora MC.

Entrevistador: Já voltado para astronomia?

PC: Não! Era voltada para a área de ensino, na mesma universidade essa professora tem um grupo de estudo com outros docentes da universidade que já tinham trabalhado no museu de astronomia. Surgiu uma oportunidade de um curso de aperfeiçoamento no museu onde eu poderia aproveitar minha carga horária de estágio, eu fui para lá. Acabei me envolvendo com as atividades e arrumei mais uma iniciação científica, quando eu terminei a UERJ fui para o museu fazer minha iniciação científica lá, e foi meu primeiro contato com a astronomia de verdade. Então minha formação é essa, a UERJ o formal da universidade e o museu um espaço de ciência onde trabalhamos a motivação, atividades lúdicas, oficinas, enfim, outro viés que eu acho que deveria estar em qualquer formação de professor.

Entrevistador: Você já foi ao Catavento de São Paulo? Gostou?

PC: Gostei do espaço, é lindo, só não gostei muito da forma como é a abordagem, pois é uma aula muito, o papel da pessoa que está guiando é fundamental, e eles não têm o perfil de mediação, na verdade ele é um guia, pois ele só vai te guiando pelos espaços. No museu nós defendemos muito o mediador, então o mediador nem sempre vai te dar a resposta, ele mais vai te questionar, causar uma dúvida sobre o tema do que te dar a resposta, e ele tem o elo entre o espaço e o conhecimento, tem esses questionamentos que são mais abordados na mediação, e esse é o viés no museu de astronomia. Depois de me formar consegui uma bolsa de pesquisa no museu, depois fiz meu mestrado no CEFET, na área de ensino também, minha

pesquisa foi sobre buscar atividade de educação não forma dentro da escola. A minha grande preocupação no início não é nem tanto com o conteúdo, mas com a motivação do aluno em estar na escola, o envolvimento com a atividade. Eu vejo que tem alunos que se não gostam do professor simplesmente abandonam, abandonam mesmo, eu fico perplexo. Às vezes tem alunos que são ótimos principalmente aqueles mais agitados, aqueles “endiabrados”, os que os professores odeiam são os mais espertos.

Entrevistador: Fazer os alunos se interessarem pela sua aula é fundamental.

PC: Sim! Nem que ele esteja ali sentado pelo simples fato de gostar de você.

Entrevistador: Mesmo que seja cosmologia, se ele não gostar de você não adianta.

PC: Nem todos os temas vão agradar a todos, isso é fato, não dá para agradar a todos, mas pelo menos que ele te respeite, fique ali e se esforce então minha dissertação de mestrado foi mais ou menos isso, eu defendi o ano passado.

Entrevistador: Bom! Outra coisa que eu quero saber de você é com relação a cosmologia, você já levou ela para a sala de aula? Já planejou algumas aulas de cosmologia e aplicou? Ou não foi um assunto que você comentou sem planejar?

PC: No museu nos oferecemos cursos para professores e têm apresentações que abordam o tema, eu levo o mesmo plano para a sala de aula.

Entrevistador: Então já é uma coisa preparada.

PC: Sim! É preparado com imagens, vídeos perguntas, como: “A terra gira ou não gira?”, a questão do geocentrismo, isso tudo já está pronto, claro que não chaga a ter uma grau de profundidade, assim eu não acabei falando de muita coisa, pois não deu tempo, mas já tenho algo pronto. Esse ano e não usei por conta de ter dois tempos separados por semana, uma loucura! Por causa dessa rotatividade dando aula no primeiro ano, no segundo ano, então ficou resumido a alguma coisas no quadro.

Entrevistador: Mas você sente alguma diferença entre trabalhar esse tema ou algum outro tema da cinemática? Com relação aos alunos, eles gostam mais, ou é a mesma coisa?

PC: É complicado por que minha cinemática está toda diluída dentro da cosmologia, por exemplo, a questão da velocidade surge da necessidade em saber se a Terra gira, eu pergunto: “A Terra gira? Sim, mas ninguém sente ela girar.” Uma possível resposta é que ela gira, mas gira de vagar e por isso não sentimos, “Então vamos calcular!, como que podemos calcular isso?”. Então eu introduzo o conceito de velocidade, eu peço um exemplo de velocidade, então eles me trazem exemplos de placas de transito “100km/h” então eu pergunto “O que é km/h, unidade de que?”, e assim surge a questão da velocidade média, a formula “Legal! Nos precisamos de um tempo e uma distância, quanto tempo a Terra leva para dar uma volta em torno de si? Ah! 24h. E a distância? Essa distância é o perímetro da Terra. Perímetro todos viram, ou deveriam ter visto, no fundamental então eu não aprofundo nisso, eu falo “qual a fórmula do perímetro? Olha perímetro é $2\pi R$. Dali eu vou para Erastótenes, “Como é que foi feito?” pega lá a distância de Siena e outra cidade, que eu não lembro, e calcula o raio da Terra “pronto agora temos o perímetro, agora vamos calcular a velocidade.” E dá uma velocidade de 1600km/h, eu acho, e isso é três ou cinco vezes a velocidade um carro de fórmula 1, duas vezes a velocidade de um avião e daí que surge a cinemática.

Entrevistador: Muito bom!

PC: A física, as leis de Newton tem que estar contextualizadas, pois não foi sem contextos que as coisas aconteceram, não foi assim que simplesmente surgiu a primeira, segunda e terceira lei de Newton, daquele jeito chato que está no livro. E sempre me perguntei, desde o ensino médio, da onde veio isso, aquela fórmula estranha, mas quando você dá o contexto, e a cosmologia possibilita isso, é fantástico.

Entrevistador: Uma dos referenciais do meu trabalho é o Paulo Freire, já que eu vou falar de temas geradores, é claro que eu não penso a cosmologia como um tema gerador como Paulo freire propôs, mas como um minitema gerador. Uma das dificuldades da escola é trabalhar a interdisciplinaridade, pelo menos nas escolas que eu passei, os professores são muito individuais.

PC: Elas são muito individuais mesmo, às vezes eles falam umas coisas que eu fico perplexo.

Entrevistador: Meu trabalho não tem a pretensão de superar essas dificuldades, mas que sabe não seja possível na minha própria aula usar a cosmologia como um tema gerador para trabalhar a física, e deixar de trabalhar a física de uma forma descontextualizada.

PC: Isso dá certo! Isso dá certo porque eles gostam, são curiosidades, sempre ouviram, enfim eles têm aquela ânsia pelo assunto.

Entrevistador: Eu penso que a física é muito legal, é fantástica e eu não posso ensinar uma física chata para os meus alunos, não é possível, isso não pode continuar! A física ensinada na escola hoje é um terror.

PC: Um terror! E isso está acabando conosco. O MEC está discutindo a fusão das ciências, física, química e biologia, porque não forma professor a faculdade também é algo complicado, assim como as aulas de ensino médio a faculdade é muito chata, é muito difícil, 90% é matemática, eu tive uma cadeira de filosofia e história da ciência, uma na faculdade toda, e dentro das outras disciplinas nos vemos muito pouco, fica uma carga muito pesada para nós, pois temos que correr atrás para saber essas coisas.

Entrevistador: Na sua formação você teve alguma disciplina de astronomia?

PC: Fiz uma eletiva, a única que tinha “Introdução a Astronomia”, na verdade tinha outra, mas por questões de horário eu não consegui fazer. Muita coisa eu já conhecia por conta do museu.

Entrevistador: Deixa-me fazer uma última pergunta para eu poder te liberar. Você já chegou a trabalhar mitos de criação em suas aulas?

PC: Não! Mito de criação não.

Entrevistador: Você conhece algum?

PC: Muito pouco, eu tenho um colega que trabalha esse assunto, ele trabalha comigo no museu e também é professor do estado, ele trabalha muito com mitologia eu sei que ele já levou.

Entrevistador: Ele é professor do que?

PC: De física também, e ele já levou mitos indígenas para a sala de aula. Então meu contato é muito pequeno com esse assunto.

Entrevistador: Você acha que cabe colocar mito na aula de física?

PC: Eu acho que sim! Desde que dê para discutir porque isso está ali dentro do curso, dentro da aula de física eu acho que sim. Se for falar e mito de criação vamos entrar naquele embate de ciência e religião, o mito e a forma de passar a cultura de determinada civilização, e o mito tem uma história por traz, não é um simples conto, uma coisa inventada, é a verdade para aquele povo. Encenações..., tem muitas formas de abordar. No ano internacional da química nos trabalhamos a Marie Currie, nas minhas aulas uma turma fez uma peça sensacional sobre história dela.

Entrevistador: Mas isso na escola ou no museu?

PC: Na escola mesmo, lá nos temos a feira literária em outubro e de uns três ou quatro anos para cá tem entrado temas de ciências porque eu tenho estimulado os alunos a fazer, paralelo a semana literária, têm surgido materiais fantásticos, quando damos espaço para os alunos, e não precisa ser muita coisa, é abrir espaço na nossa aula mesmo, ir para um laboratório, uma sala de informática. Nós temos alunos na rede pública que nos nem acreditamos, eu tive uma aluna que nesse início de ano foi fazer intercâmbio no Canadá, tive um aluno que dançava com a DC, isso aluno de escola pública, nos temos muitos alunos que fantásticos, e na contribuição do grupo tem muita coisa boa, mas é claro que não dá para trabalhar individualizado, eu procuro trabalhar sempre o grupo. Eu falo para ele que em trabalho em grupo sempre vai ter alguém que vai se posicionar como líder, que vai puxar os outros, vai organizar. Enfim, essa é a forma que eu tenho encontrado para trabalhar a equipe, a turma, uma vez que individualizado é impossível, já que não temos tempo de trabalhar com alunos em particular. Essa coisa a equipe é muito difícil, eu ouço coisas do tipo “Você não tem que divulgar o que é feito em sua sala de aula porque não interessa a outros professores”, quando tem um trabalho como a feira de ciências uma professora pega uma turma e fica responsável por tal coisa, o outro não precisa dar ajuda em nada.

Entrevistador: Você já se sentiu constrangido por professores por estar fazendo o melhor? “Esse professor está fazendo muita coisa, assim eu também vou ter que fazer” Ou seja, você já foi mal visto por isso?

PC: Isso acontece por parte dos professores, porque eu sei que os alunos acabam entrando num embate com alguns professores por conta disso, o que é até anti-ético. Mas os alunos gostam, pois se os alunos estão fazendo os trabalhos, assistindo as aulas, claro que não é 100%, mas é a maioria, então eu encaro como um trabalho que está num caminho legal. Infelizmente a classe de professores ainda é muito colonial, de época de Dom Pedro mesmo, eles não acordaram para uma escola pública de verdade. A escola pública não é uma a escola particular, não dá para comparar, a desculpa da direção da minha escola para separar os tempos foi o colégio particular São Bento, mas eles não têm apenas dois tempos de física, as vezes eles tem dois professores de física, quatro tempos então eles desmembram, já que tem o laboratório, tem teoria. Além disso, lá eles têm um aluno que foi para Disney, para a Europa, então eles têm uma bagagem cultural muito maior, ele viajou o mundo enquanto o aluno da escola publica, muitas vezes, nem saiu da cidade, ele mora perto da escola e vem andando, então é diferente! A escola pública tem que disseminar a cultura, levar eles em muitos passeios, teatro municipal, tem que ter um trabalho diferenciado, não é sendo preconceituoso, mas o Trabalho tem que ser diferenciado. A internet facilita muito essa coisa, nós temos

divulgado muito o ENEM, cursos, Pronatec, e nos divulgamos isso a um ponto que os alunos já fazem isso automaticamente, eu não preciso nem avisar que abriu inscrição para os cursos do Pronatec, que enquadra o Senai, Senac..., e nós temos aprovado muitos alunos para fazer cursos no Senai, Senac, tem alunos com bolsa de 100% na PUC, para comunicação social, tem alunos na UFRJ, tem muitos alunos do segundo ano que estão fazendo o ENEM, eu falo para eles “Olha o ENEM não é difícil, o problema é que vocês não estão acostumados a fazer uma prova de noventa questões, cinco horas de prova, então vai lá! Vai fazer para ver como é que é.” Isso é o que temos feito na medida do possível, mas é difícil.

Entrevistador: Bom! Para mim você é uma exceção quando pensamos na classe de professores de física. Por que você acha que a cosmologia não está presente nas aulas de física? Uma vez que ela pode ser um ponto de partida para você ensinar, por exemplo, cinemática.

PC: A resposta é fácil! Na graduação o professor não viu isso, no ensino médio dele provavelmente não viu isso, então é algo estranho para 99% dos professores de física. Não faz parte do sumário de física, dificilmente está no livro, aos poucos está entrando, mas geralmente é lá no apêndice no final do livro. Acho que é um pouco por isso, mas que sabe se os livros começam a colocar, se o ENEM começar a cobrar, talvez o professor se sinta obrigado a trabalhar isso, talvez! Mas eu acho que o problema é a vivência dele mesmo, os professores estão acostumados, tem professor que tem aquele caderno de notas de aula amarelado da época que ele começou a dar aula, que é muito igual ao método do professor com quem ele aprendeu a dar aula. Quando eu comecei a dar aula eu percebi que isso não daria certo, que é uma enganação, eu não quero me enganar, não quero ficar deprimido achando que o aluno não quer nada com nada, realmente ele não quer nada do que está sendo oferecido, nem eu gostaria, já que eu também me senti incomodado da forma como eu aprendi no ensino médio e também na faculdade, eu acho que é muito limitada a forma como é a abordada a física. Mas eu acho que os professores de física não falam porque não tem essa vivência, porque não têm essa formação. Eu acabo abordando porque na minha formação eu tive a oportunidade de estar no museu de astronomia, no museu de ciência que aborda essa questão, mas eu acho que o problema é por aí, falta de conhecimento, inexperiência, o medo de alterar a ordem, quando nos mexemos no currículo causa um pavor nos professores, se tirar cinemática do currículo os professores têm um infarto. Em matemática eu me pergunto por que em matemática o aluno estuda números completos? O aluno só vai aprender isso em eletrônica ou métodos de resolução de equação diferencial na faculdade, no ensino médio aquilo não serve para nada, absolutamente nada, uma raiz de menos um que o aluno nem entende, não dá nem para contextualizar, mas está lá no currículo e não se tira de jeito nenhum, então é complicado, discutir currículo é complicado. No mestrado eu fiz um trabalho “inserção de física moderna no currículo”, a minha abordagem não foi o que botar ou o que tirar do currículo, mas a forma que foi abordada, pois eu posso colocar qualquer coisa no currículo, mas se for a mesma abordagem tradicional, aquela coisa vou ao quadro, explico, passo exercícios do livro, para mim isso não tem resultado.

Entrevistador: Em uma das entrevistas que eu fiz, um professor disse uma coisa muito interessante, “Qual a diferença de colocar na lousa a equação do sorvete ou colocar a equação de Einstein? Nenhuma, para o aluno não faz diferença nenhuma.”

PC: Pois é! Essa é a grande questão, eu só mudo o que eu vou colocar na receita, mas a receita continua sendo a mesma, então não interessa o conteúdo, de certa forma, pois nós professores que temos autonomia de como vai ser abordado, o conteúdo é uma consequência não pode ser o pilar central do nosso trabalho, tem outras coisas a ser considerada. Eu acho

que foi por aí a proposta dos PCNs, tentar trabalhar com atitudes, habilidades, competências, mas é muito difícil das pessoas entenderem isso, o que ter uma competência, o que é formar uma habilidade na pessoa, nós pensamos sempre no conteúdo, qual é a ementa? Ementa é o conteúdo, e não é isso, pois o currículo não é conteúdo, currículo tem conteúdo também, mas isso é muito difícil de entender, o que é o aluno trabalhar em grupo, gerenciar os conflitos que existem entre os alunos, montar uma apresentação no Power Point, todo ano os alunos aprendem a mexer no Power Point, eles dizem “Ah! Eu não sei fazer.” Eu digo “Você não está no Facebook? Então, abre o You Tube, pois lá tem tutorial ensinando a fazer”. No bimestre passado eu pedi um trabalho manuscrito, não podia ser impresso, pois eles copiam e colam com uma habilidade incrível, além disso, eu coloquei uma exigência, tinha que ter no mínimo três bibliografias e não poderia ser Wikipedia, e eu fiquei impressionado com a quantidade de alunos que me perguntavam “Mas professor se não pode pesquisar na Wikipedia, onde eu vou pesquisar?” eu respondia “Cara é só você jogar no Google que aparece trezentos zilhões de sites, a Wikipedia é só o primeiro você tira o primeiro e pega os outros”. Mas essa coisa da Wikipedia foi engraçada, pois eu não botei conteúdo, algo que possa estar errado ao foi isso, é que eu sei que todos retiram da Wikipedia.

Entrevistador: Parece que a internet é só o Facebook e a Wikipedia.

PC: É meio limitado! A internet é um mundo tão grande e eles se limitaram. Não sei se respondi sua pergunta. Mas é isso o problema está na formação, o professor acaba transmitindo o que ele vivenciou, dá trabalho você montar uma aula sobre algo que você nunca viu, principalmente pelo perfil de como nos propomos a fazer a aula, quais os questionamentos devem ser abordados, por isso eu abordei ciência e religião, porque eu sei que dá para cutucar os alunos com o assunto, alguns se sentem incomodados e nesse incômodo ele se manifesta, falam, então nos aproveitamos para mediar as discussões, então para mim a aula está sendo feita, pois chegar ao quadro e escrever, dar papelzinho, isso não é aula, isso é uma das ferramentas que podemos usar. Eu quero os alunos ali incomodados, isso é legal.

(Entrevista com o professor do perfil D, denominado PD)

Devido a um problema técnico a pergunta inicial feita pelo entrevistador não foi gravada, assim a transcrição se inicia com a fala do entrevistado, entretanto o primeiro questionamento foi muito semelhante ao das outras entrevistas. E das anotações feitas na entrevista com relação a esse trecho o mais pertinente, e posteriormente confirmado em uma conversa por e-mail, esse professor valoriza a cosmologia em suas aulas, principalmente sobre o aspecto histórico e filosófico, como podemos perceber em sua fala

E-mail:

“Minha opinião é que é um tema cuja abordagem permite uma discussão mais aprofundada a cerca da natureza da ciência bem como uma discussão da elaboração da ciência como resultado de um processo histórico coletivo em que vários cientistas vão arguindo a fronteira do conhecimento de forma que a resultante desse processo coletivo de construção da ciência

seja vista, pelos alunos, de uma forma natural e dentro de um processo histórico de uma época.”

Áudio:

PD: Quando eu discuto, por exemplo, estrela, então eu entro na equação da estrela, que é $H + H$ forma hélio, energia, massa, eu discuto até teoria da relatividade $E=MC^2$, a questão do balanceamento de massa e energia da estrela, então eu vou para Alfa Centauro discuto ano luz, comprimento, distância. Então você tem um monte de coisa, um monte de conceito de física que você pode trabalhar por conta da cosmologia. Então eu acho legal, porque o aluno fica atraído pela cosmologia, com esse negócio de viagem espacial, por exemplo, aquela espaçonave “Curiosity” que foi para Marte agora, eu trabalhei com isso em sala de aula, e foi muito bom, por exemplo, ela saiu em julho e demorou nove meses para chegar, então eu calculei que viajando a 40km/h qual é a distância até Marte, vimos a velocidade da neve, discutimos que na velocidade da luz seria muito mais rápido, só que não tem tecnologia para a usar a velocidade da luz. Então eu os mandei verem o filme Star Trek, que é uma série. Não sei se você conhece?

Entrevistador: Conheço, mas não cheguei a ver todas.

PD: Então a Star Trek é muito antiga, é da minha época, década de 70, 80, onde o pessoal fazia essas viagens interplanetárias, os alunos viram e foi muito legal, deu um debate muito bom.

Entrevistador: Então você acha que a cosmologia desperta bem o interesse dos alunos?

PD: Nossa desperta! Desperta bem, eu tenho salas de primeiro ano, eu dou cosmologia nos primeiros anos, por exemplo, tem dois primeiros anos, na escola onde eu leciono, em uma escola estadual, que nenhum professor consegue entrar, porque é uma bagunça, um vem para cá vai para lá. Mas eu entrei com cosmologia o pessoal vem me pergunta, “Como você consegue fazer atividade?”, mas eu consigo dar nota, porém a maioria dos professores não consegue avaliá-los, porque eles não fazem nada. E com a cosmologia, e meio que estou enrolando nesse tema, porque eu dei cinemática, eles estão estudando Newton tudo pela cosmologia. Por exemplo, nos segundos anos eu entro no conteúdo formal, termodinâmica, ótica, som e tal, nessa parte eu dou o conteúdo formal, porque é um pessoal mais sossegado, nos terceiros anos eu dou o conteúdo formal, mas nos primeiros anos que é aquela fase da adolescência crítica mesmo, não sei em colégio particular, pois eu não dou aula em colégio particular, mas no ensino público precisa de uma base de maturidade para entender o conteúdo do primeiro ano, mas eles são criança, pois eles brincam, vai para lá vai para cá, joga cadeira. Então duas coisas, ou você aceita o jogo e da nota ou você tenta trabalhar algum conteúdo onde você começa a puxar algumas coisas como distância, velocidade, velocidade constante, o porque que existe gravidade, eu comecei a usar a cosmologia para puxar esses assuntos e deu certo, e é uma sala difícil, pois ninguém consegue trabalhar lá, “tipo um lixão”, eles não estão interessados, eles vem para ficar namorando ou mexendo no celular, e se você vai falar com eles não adianta. Eu percebi que quando eu fui entrar com o conteúdo formal não deu certo, fiz uma atividade de gravitação e ninguém entregou nada, mas com a cosmologia eles começaram a fazer, até os alunos que dão maiores problemas começaram a

fazer e até a perguntar. Quando eles assistiram o Star Trek se interessaram mais ainda, melhorou muito. Então eu falei de Marte e da curiosity que foi para lá, eles se interessam até por fazer os cálculos, então eu puxei a matemática e mais um monte de conteúdos interessantes para a formação deles através da cosmologia, ou da astronomia. Então para mim isso contribui na formação intelectual dos alunos sim. A cosmologia tem um conhecimento relacionado a física importante, mas não muito aprofundado, sim, no contexto deles sim. O conteúdo é saturado para poucas aulas, é na verdade você tem um conteúdo muito forte e você só tem duas aulas por semana para cada sala, tanto nos primeiros como nos segundo ou terceiros, eu não sei como é nas escolas particulares ou na prefeitura. Com poucas aulas por semana você não consegue dar aquele conteúdo, não tem jeito, quando você o dá é muito maçante, esse ano eu já sai de eletromagnetismo e já entrei em partículas e pronto, então tem coisas importantes para serem trabalhadas, mas você precisa de um tempo maior. Esse conteúdo léxico, que fala de vestibular e de Enem, e as vezes você pega uma prova do Enem e as vezes não tem nada a ver, ela é muito bem organizada testando a lógica do aluno não necessariamente falando de um conteúdo como uma fórmula, fórmula do campo elétrico, que partícula que derivou daquela, e por conta da grade você acaba sendo obrigado a dar aquele conteúdo, mas você sai de um e entra em outro e eles ficam meio desconexos, porque é cobrado pela escola, você é cobrado pela diretoria de ensino, com relação aos conteúdos “Ah você está fazendo os cadernos do alunos”. Então o que acontece, você tem aquele negócio lá, e por outro lado você tem uma brecha que quando você tem um tema que interessa aos alunos você pode estender esse tema e trabalhar com um monte de coisa, voltando ao a questão da cosmologia eu vi com eles a equação da estrela, que é a formação do hélio através da reação do hidrogênio liberando energia, entende o Sol, entende porque a luz do Sol demora oito minutos para vir de lá para cá, então nós fazemos o cálculo e descobrimos a velocidade da luz, entende porque a nave demorou oito meses para chegar a Marte, então eu transformo dia, segundos, vou trabalhando matemática, porque eles são péssimos em matemática, contas, Algarismos significativo. Então dá para você trabalhar muito com a interdisciplinaridade de conteúdos de física, química e matemática, até geografia, porque que um foguete é lançado mais no equador do que nos polos, discuto a questão da gravidade, então você pega as leis de Newton, geografia, um monte de coisa, então dá para você fazer uma interdisciplinaridade que apesar de ser heterogênea é homogênea no conteúdo de cosmologia.

Entrevistador: Entendi! Bom segundo fator a ser discutido com você era justamente o que você faz em sala de aula referente a cosmologia, mas você já acabou a falando bastante sobre isso. A única coisa que ficou faltando é se você fala sobre a teoria do *Big Bang*.

PD: Sim, a questão da formação do universo eu passo um filme, eu tenho um que fala da formação do universo, é meio antigo, mas eu ainda uso, até queria pedir uma orientação se existe um melhor sobre o *Big Bang* e tal, se você poderia mandar por e-mail para mim. Como se chama aquele cara dos anos 70?

Entrevistador: Carl Sagan

PD: Carl Sagan isso, eu uso os filmes dele.

Entrevistador: É um dos melhores!

PD: Sim é um dos melhores, mas porque que eu acho ele ruim, porque o que acontece, a escola média de periferia é muito religiosa, então você tem dois problemas, o cara mais largado que vai para o lado das drogas rouba coisa e tal, e aqueles que é formado nas igrejas protestantes, nas evangélicas com a teoria de que é Deus, é Deus, então eu deixo claro para

eles esquecerem a religião porque estamos falando de física, como que a física entende que o universo foi criado, então eu vou começar pela teoria de formação do universo que é o *Big Bang*. Mas o que é o *Big Bang*? É aquela coisa massiva tal, que tem alta densidade, que tem alta temperatura, pressão, é um ponto singular de onde se espalham partículas, e depois vem os átomos. Então eu faço a linha do tempo e chego há 4 bilhões de anos onde é formado o sistema solar a Terra, então eu dou um trabalho para eles sobre o sistema solar, eu mostro o cinturão de asteroide que fica entre Marte e Júpiter e porque que aquela massa não formou um planeta, porque ele já estavam distantes, não houve acréscimo de massa estão próximo de um planeta gasoso, mas eu faço uma linha do tempo, depois eu passo o filme do Carl Sagan, mas o problema do filme dele é que é muito lento, e os alunos brincam, então o filme precisava ser mais objetivo, como uma teleaula, mais animado, mas eu não achei ainda, pois o Carl Sagan é muito demorado ele é para um aluno dos Estados Unidos, interessado e que quer desenvolver ciência, o nosso aluno não quer, então eu quero passar para eles uma visão científica tirando a religião do contexto, na questão de formação do universo, mostrando que para traz do *Big Bang* não tem nada, existem algumas teorias que falam que é o vazio, e não existe o vazio, então aqui o universo começa a partir do *Big Bang*.

Entrevistador: Na minha pesquisa nós estamos trabalhando a cosmologia como um tema gerador, por exemplo, pegar um bimestre para trabalhar a cosmologia e em cima disso trabalhar conceitos físicos, então eu queria saber o que você acha disso, será que isso funciona?

PD: Funciona, por exemplo, talvez não tenha essa dimensão que você está propondo no seu trabalho, uma sala que é difícil dar aula, ou melhor, duas salas que eu tenho que é difícil trabalhar física normal, mas, por exemplo, um tema que chamou a atenção deles foi a cosmologia, e dentro desse tema eu puxei física, química, reação nuclear, o Sol, cinemática, quanto tempo demora a luz do Sol para chagar na Terra, ele fazem as contas, velocidades é igual a Δs por Δt , discuto a aceleração da gravidade, discuto porque que a do Sol é maior que a da Terra, por causa da massa, então você insere um monte de conceitos que normalmente é meio chato para o aluno, por exemplo, na aula de gravitação o cara fica olhando e você não tem, quer dizer dá para fazer experiências, mas os cálculos são muito chatos, pois envolvem um sobre r^2 , e eles não tem uma base, é escola pública que eu dou aula, e eles já vem com uma base muito ruim, entendeu. Mas quando está dentro de um contexto que eles gostam flui melhor até as dúvidas ficam melhor para serem resolvidas. Acho que sua proposta é boa.

Entrevistador: Então, outra coisa que eu iria perguntar é que nós estamos trabalhando em uma espécie de evolução da cosmologia, então nós saímos de lá dos mitos cosmológicos e estamos vindo para a física moderna. Você acha que a cabe nas aulas de física colocar mitos de criação? Porque existe um preconceito, tem professores que falam “ah! Isso não é física, não é ciência, não vou colocar isso na minha aula” Você colocaria?

PD: Então! Tem um componente pessoal, eu sou materialista, então eu sou ateu tenho uma militação política, no caso o comunismo, então eu não coloco. Eu faço um divisor de águas na minha aula, então eu separo, porque a perifeira de São Paulo, ou centro, não sei, ela é muito religiosa, é muito ligada as igrejas evangélicas, que tem aquela frequência maior que a igreja católica, então ou o cara é “vida torta”, “nóia”, “drogado” ou ele é religioso. Muito embora lá no contexto religioso eles falem que o homem não veio da evolução do macaco, o universo foi criado por Deus coisa e tal. Então eu dizendo que estudaremos física, ciência, como a física vê a formação do mundo, através do *Big Bang*, então eu sigo por essa linha. Mas daria para discutir mitos também, é que eu particularmente não discuto, mas acho que daria, pois esse

universo é rico para você trabalhar, porque ele tem vários “achismos” sobre como foi a formação do mundo e tal.

Entrevistador: Eu particularmente tenho uma experiência pessoal com o fundamentalismo religioso, então quando você começa a usar mitos de criação você pode colocar assim “esse povo tinha uma visão artística disso, uma visão religiosa disso” então cada povo tinha uma visão, descartando a ciência nesse ponto, já que é uma visão religiosa, e acaba gerando um conflito, por ser fundamentalista. Sob esse ponto de vista você acha que é um problema levar esses mitos para a sala de aula, isso pode gerar um embate religioso?

PD: Eu acho que não, eu conheço um professor de história que muito bom, inclusive ele faz especialização aqui (USP), então ele discute muito os mitos antigos, agora que você me questionou, eu me recordei que os indianos tem uma maneira diferente de pensar o início do mundo diferente dos evangélicos, os maias, algumas civilizações tem sua maneira de ver o mundo de acordo com a cultura deles. E o evangélico tem uma também, que é baseada na bíblia, e o católico também, já que é praticamente a mesma vertente. Então acho que daria para trabalhar sim, os mitos se inserem possibilitando questões multidisciplinares, abrindo até para a questão humana, a questão religiosa, de como o cara vê sem ter nenhum instrumento para analisar, então ele começa a achar, ele acha isso, acha aquilo. Os indianos vêm com as ideias dos Kalpas, você sabe que outro dia eu estava assistindo uma palestra de um físico Nobel Chandrasekha, o que acontece, ele usou a palavra Kalpas, que é o infinito, usado para significar a escala de tempo, ele usou uma alegoria para dizer que o Kalpas era semelhante a não sei quantos milhões de anos-luz, tinha certa lógica entendeu, a mesma coisa que um índio falar que da constelação de scorpion, ele fala que é o escorpião, ou o cachorro e tal, mas aquilo são as estrelas, eles têm um fundamento, por isso que eu acho que dá para associar com a ciência.

Entrevistador: Outra coisa! Você provavelmente trabalha modelo copernicano em sala de aula?

PD: Sim trabalho

Entrevistador: Acontece um debate legal onde você mostra para os alunos que o modelo copernicano foi importante, pois sem ele talvez nós não teríamos chegados ao heliocentrismo, ou não, ou você nem passa pelo geocentrismo?

PD: Eu entro sim, pois é um conceito que desde a antiguidade até a idade média, salvo algumas exceções de alguns pensadores antes de cristo, o pessoal questionava o sistema geocêntrico. Então eu falo do sistema geocêntrico, e quando dá tempo eu falo da transição de um para o outro, explicando porque que o heliocentrismo surge como uma evolução, eu tento explicar o que esta acontecendo, porque tem coisas que o geocentrismo não da mais conta de resolver, tudo é uma questão de resolver. Então eu explico que a ciência vai resolvendo as situações, por exemplo, a questão da guerra e da penicilina, então isso é ciência, é a própria evolução da ciência. Engraçado que isso eu vi mais agora, porque aqui na física tem muito calculo. Agora eu estou tendo uma disciplina aqui chamada evolução da ciência que é muito legal, se tivesse aqui na graduação.

Entrevistador: Quem que é o professor dessa disciplina?

PD: Na verdade são vários, é uma videoaula, as vezes é um professor da USP de São Carlos, Unicamp, daqui mesmo, ou da filosofia, então você tem várias pessoas, as vezes é um físico,

as vezes é uma educadora da Unicamp, ou um professor formado em química. Então é legal isso, é uma coisa que deveria ter nesse currículo da graduação, mas não tem. Eu acho importante colocar isso em sala de aula, porque com isso você pode mostrar a própria evolução da ciência, mas quem poderia aprofundar isso, o professor de filosofia, mas não é aprofundado porque ele está preocupado com outros temas, visão aristotélica e tal.

Entrevistador: Você já me disse que trabalha a teoria do *Big Bang* em sala de aula, mas você chega a trabalhar outras teorias, por exemplo, o Estado Estacionário?

PD: Não, não cheguei! É uma que eu não domino bem, e eu não vou falar sobre algo que eu não domino, então eu falo sobre o senso comum, que no meio científico é o *Big Bang*. Agora mais nesse sentido em falo, quando eu passei o filme do Star Trek, que fala em dobras, que é um conceito de universo curvo, e para velocidades próximas a da luz se você atingir uma dobra você pode ir para outro campo do universo, mesmo que esteja a milhões de anos-luz, porque você não passa por isso. Então ele discute o conceito de dobras, isso eu dou para eles, teletransporte, a NASA hoje tenta fazer teletransporte. Mas no filme tem a teoria do *Big Bang* também, as outras eu não entro porque eu teria que estudar mais.

Entrevistador: Na verdade ela também é a teoria padrão atualmente. Para finalizar a entrevista, como nos já conversamos bastante sobre o fator motivador da cosmologia, mas ela não é usada, são pouquíssimos professores que levam a cosmologia para a sala de aula, eu queria que você falasse para mim porque você acha que isso acontece? Por que será que a cosmologia é desprezada? Deve ter um monte problemas que permeiam esse assunto, porque o professor não leva para a sala de aula.

PD: Eu vou falar uma coisa que eu já falei com dois professores de física da minha turma, a dificuldade é que eles não conhecem também, então essa é uma deficiência na formação do professor, e quando ele entra no estado ele fala rapidinho, porque está na apostila, ou nem fala porque não dá tempo, não explora, eu já exploro legal, eu gosto também, então eu junto às duas coisas. Eu acho que o problema é a falta de formação, porque quando eu falo esses professores acham legal, só que eles ficam limitados não conseguem dar um passo, eu acho que é uma limitação do conteúdo deles. O professor é aquilo que estávamos falando no começo, mesmo que ele tenha visto algo na faculdade, às vezes, ele passou na raça, não compreendeu bem o conteúdo, então como eu vou dar aula disso, eu vou ter que me matar antes de dar aula, agora se eu não vou dar aula disso eu largo para lá. As vezes ele não tem tempo para estudar isso, da aula a noite, enfrentar 40 adolescente não é fácil, você é professor, você é pai, assistente social, aparta briga, mas ninguém vê isso.

(Entrevista com o professor do perfil E, denominado PE)

Entrevistador: Bom primeiramente eu vou me apresentar, meu nome é Kellen eu faço mestrado no interunidades a USP, orientada pelo professor João Zanetic sobre a cosmologia no ensino médio, sobre como é levada para a escola, se é levado ou não, quais as dificuldades em levar o tema e quais os benefícios que esse tipo de ensino traria para o ensino de física. Então primeiramente eu gostaria que você se apresentasse, falasse um pouco da sua experiência e formação.

PE: Bom eu sou professor de física do Instituto Federal de São Paulo – campus Sertãozinho, trabalho lá há três anos, trabalhei na rede estadual de educação por dois anos e meio e na rede particular um ano, sou licenciado em física, fiz um curso de especialização na USP na iniciação científica e depois eu parti para o mestrado na Universidade Federal de São Carlos em ensino de ciências.

Entrevistador: OK! Bom a primeira pergunta que eu gostaria de fazer na verdade não é uma pergunta direta. Você recebeu a tabela referente aos perfis e eu vi que você comentou por e-mail, mas eu gostaria que você comentasse aqui cada perfil para ficar registrado, qual perfil você se enquadra, qual não.

PE: Bom com relação aos perfis eu vou dar uma olhada, você quer que eu comente um perfil de cada vez?

Entrevistador: Sim, um perfil de cada vez.

PE: Bom então o primeiro perfil “A cosmologia naturalmente desperta a curiosidade e o imaginário dos alunos e dessa forma pode atrair o aluno para o mundo da ciência.”, eu concordo parcialmente, concordo que muitos alunos se interessam inclusive alunos que não tem interesse por ciências, isso eu noto, mas eu não gosto de generalizar ou tomar isso como pressuposto porque eu conheço alunos que não gostam de cosmologia, independente de gostarem de ciências ou não. O perfil B “É o um tema extremamente rico e interdisciplinar, que pode ser facilmente relacionado com outros temas da física e de outras disciplinas.” esse perfil foi com o qual eu mais me identifiquei, eu não tenho nenhuma objeção a fazer, pois eu acho que o tema é muito interdisciplinar e dá para relacionar com diversos temas da física e em várias disciplinas. Perfil C “Contribui na formação intelectual dos alunos aprimorando sua visão de mundo.” Eu nunca parei para analisar a cosmologia sobre esse ponto de vista, se ela aumenta a visão de mundo deles, provavelmente sim, mas eu não tomaria isso como base para ensinar cosmologia. Perfil D “Possivelmente seja o tema que deu origem ao pensamento científico e abordá-lo torna possível discutir a natureza da ciência através da sua rica história e dos pensamentos filosóficos envolvidos.” Eu não sei se foi o tema que deu origem ao pensamento científico, então eu não me identifico muito com esse perfil. Perfil E “Primeiramente precisamos nos debruçar em alguns problemas como um currículo de física saturado para poucas aulas, a falta de formação dos professores, a cobrança “conteudista” dos vestibulares e etc.” Está correto, isso eu não nego, são problemas, não tem como fecharmos os olhos, mas o que também não quer dizer que na podemos pensar em uma possibilidade de abordar a cosmologia por causa disso.

Entrevistador: Está certo então! Você acha que foi classificado no perfil B, está certo?

PE: Isso!

Entrevistador: Correto, depois confiro se te classifiquei no perfil certo. Na segunda parte eu preciso saber com relação ao que você fez em sala de aula relacionado a astronomia. Você da aula para o superior pelo que eu pude entender?

PE: Também, dou aula para o médio e para o superior.

Entrevistador: Nas aulas que você tem no ensino médio você fala de cosmologia?

PE: Cosmologia muito pouco, eu costumo trabalhar alguns assuntos de astronomia, na verdade eu tento inserir a astronomia dentro de alguns tópicos, de certa forma eu continuo

seguindo a sequência do livro didático, embora eu já tenha visto algumas propostas fugindo disso, mas eu não senti muita firmeza, então eu dentro da linha do livro didático, sempre que possível e quando eu vejo que o tema se relaciona com astronomia eu passo aula vídeo, eu comento alguma coisa. Por exemplo, esse semestre eu trabalhei com queda livre, isso abriu espaço para falar sobre o Galileu, então eu passei um vídeo falando sobre o vídeo sobre o Galileu, aliás eu passei aquela série “Poeira das estrelas” e todo mundo adorou, só que a série é uma porcaria, eu até entendo os argumentos, acho que o que vale na série é que é um linguajar muito familiar para o adolescentes eu prefiro passar a série e explicar o que está errado. Teve uma turma que fez muitas perguntas sobre a origem do universo, sobre o *Big Bang*, isso rendeu um assunto muito rico e eu aproveitei e passamos a aula inteira falando sobre isso. Mas não é uma coisa que eu ponho muito dentro do meu currículo, no fim do segundo ano eu falo um pouco de física moderna, e eu costumo a gerar algumas questões sobre cosmologia, mas não é um tópico que está colocado no meu currículo, na verdade de vez em quando passa alguma coisa e eu aproveito.

Entrevistador: No ensino superior você não trata disso?

PE: No ensino superior, esse ano, eu não estou trabalhando com nenhuma disciplina de física, estou só com uma disciplina pedagógica e não tem nada a ver com o assunto. Teve um ano só que eu falei um pouco sobre astronomia quando eu dei física 1 para eles, mas foi bem superficial, não entramos em nada de cosmologia.

Entrevistador: Bom eu vou fazer uma pergunta para você, pode ser que você não concorde muito, já que você disse que apesar de achar a cosmologia interessante não podemos considerar apenas esse aspecto de despertar o interesse do aluno, já que não são todos que se interessam. Mas de fato ela desperta o interesse em algumas pessoas.

PE: Sim.

Entrevistador: Eu queria saber de você por que a cosmologia, apesar ter esse caráter de despertar o interesse do aluno, e essa é uma grande dificuldade nas aulas de física, pois os alunos não se interessam muito, por que será que os professores não se apropriam da cosmologia para atrair o aluno para a aula de física, por que você acha que a cosmologia é praticamente ignorada em todo ensino médio, por que o Professor não trabalha cosmologia, sendo que ela pode facilitar o ensino de física, já que ela pode fazer o aluno se interessar pelo ensino de ciência?

PE: Eu acho que é a articulação entre o ensino de cosmologia e o currículo de física, primeiro que o currículo de física é uma coisa é muito obscura, nós temos um parâmetro curricular que é recente e praticamente ignorado na maioria da escola, pois eu não vejo ninguém seguindo os PCNs a risca, nós temos um livro didático que acaba virando um currículo fantasma, mesmo porque ela não está documentado, mas ele é o currículo ensinado na maior parte das escolas, e é o currículo que é cobrado em vestibular, e eu acho que tem uma certa resistência, e eu me encaixo nesse grupo de professores, é uma dificuldade de quebrar o modelo tradicional, o currículo tradicional de física, é difícil simplesmente falar “vou fazer uma coisa diferente” se você não planejar muito bem essa coisa ela fica muito pior do que o tradicional, vai cometer mais erros do que os currículos tradicionais estão cometendo. O Modelo que eu vi que tentaram foi o próprio caderno do aluno do estado de São Paulo que faz bastante articulação com cosmologia e astronomia, mas eu achei essa articulação muito mal feita, eu prefiro o livro didático, com todas as críticas do que adotar aquela proposta curricular, acho que está faltando ainda um material que consiga atender todas essas necessidades. Por que o vestibular

faz exigências, não tem como falarmos que não, o aluno quer, o pai do aluno quer, então não dá para falarmos que o vestibular não é importante, é claro que ele é.

Entrevistador: É! De fato é o que rege, no fim das contas nos queremos que nossos alunos passem no vestibular, formando alunos para ser alguém na vida, e para ser alguém na vida acaba tendo que passar no vestibular, infelizmente o caminho é esse aí.

PE: É isso.

Entrevistador: Bom! No meu trabalho eu estou propondo a cosmologia como um tema gerador, assim como Paulo Freire, mas o Freire vai falar do tema gerador como uma coisa grande que envolve muita interdisciplinaridade, eu penso na cosmologia como um minitema gerador, por exemplo, na sua própria aula de física você pode usar cosmologia para ensinar física. Então a cosmologia seria seu minitema gerador para você abordar termodinâmica e um monte de coisa que dá para trabalhar baseado na cosmologia. Você acha que isso é interessante? Ou eu estou indo por um caminho que talvez não seja legal?

PE: É claro que eu acho interessante a ideia de misturar o ensino de termodinâmica com o ensino de cosmologia.

Entrevistador: Mas eu sugiro um curso de cosmologia onde o aluno vai aprender física.

PE: Um curso em paralelo?

Entrevistador: Não, por exemplo, eu dou aula no estado, e lá nós temos muita liberdade, apesar de ter os cadernos do estado, de ter o PCNs eles não são de fato cobrados, nenhum coordenador vai à sua sala para saber o que você está fazendo, na verdade você tem que segurar o aluno em sala de aula e o que você faz lá é problema seu. Então se eu corresse esse risco de propor um curso de cosmologia e tentasse ensinar física para os meus alunos nesses moldes, você acha que isso funcionaria?

PE: Seria na própria aula de física, não seria em um horário a parte?

Entrevistador: Sim na própria aula de física.

PE: Bom! Fica difícil eu dizer se é interessante ou não sem saber o que é o curso, o que esse curso vai trabalhar?

Entrevistador: Mas o curso ainda não está planejado, pense por você. Se você estivesse dando aula em um lugar onde você tem liberdade, então você decide dar um curso de cosmologia para seu aluno aprender termodinâmica, então você iria planejar isso, a questão é você acha que isso é possível?

PE: Possível é!

Entrevistador: Mas é interessante? É viável?

PE: Eu acho que não tem outra forma se não tentar e ver o resultado, acho que seria interessante até fazer uma comparação com duas turmas, ou seja, fazer um estudo comparativo. Uma turma com o currículo do estado e outra turma com seu curso para ver qual foi o resultado com uma turma e qual foi o resultado com a outra e ver qual foi melhor.

Entrevistador: É que eu parto do pressuposto que os alunos em contato com o currículo tradicional irão um pouco pior por causa da falta de interesse pelo tema que do jeito que é ensinado se torna maçante que estariam os alunos que estariam vendo a termodinâmica através da cosmologia se interessariam mais, então por isso iriam um pouco melhor por se interessarem mais pelo tema. Então essa foi a lógica que eu usei para te fazer essa pergunta. Mas vamos lá que você já respondeu essa pergunta.

PE: Mas e se na avaliação o aluno do método tradicional for melhor? Tem que tomar cuidado!

Entrevistador: Então minha hipótese estará totalmente refutada.

PE: Então você vai ter que bolar um plano B.

Entrevistador: Na verdade eu não precisaria de um plano B, mas sim analisar porque deu errado, e admitir que minha hipótese estava errada e que a cosmologia não serve para esse fim. Bom! No meu trabalho eu pesquisei bastante mitos de criação, então eu fiz uma espécie de evolução da cosmologia desde os modelos cosmogônicos até a física moderna. Nos mitos de criação eu encontrei muita riqueza, muita coisa legal, minha pergunta para você é a seguinte: Você como professor de física, se você estivesse trabalhando astronomia, modelos cosmológicos, você levaria mitos de criação, ou existe algum preconceito?

PE: Eu já levei inclusive.

Entrevistador: Então me conta.

PE: Nessa própria série ele começa falando um pouco sobre mitos de criação, agora eu estou tentando lembrar uma das histórias, tem umas muito diferentes para nós, é um assunto muito vasto, bom eu não recebi muitas perguntas sobre os mitos, pois os alunos já pensavam “Nossa esse povo atrasado, esse bando de índio”, então a maioria não questiona muito o mito do outro, eles ficam com a crença deles e pronto. Agora o que eu acho interessante no mito de criação é que nos faz pensar sobre o nosso, sobre a nossa visão. Então todo mundo pensa aquele povo maluco, mas ninguém pensa no seu próprio deus, que às vezes é tão maluco quanto. Eu não boto muita lenha na fogueira não porque quando parte para religião é complicado.

Entrevistador: Você já teve problemas com alunos que te questionam por conta da religião?

PE: Um pouco! Eu tento sempre me esquivar disso, mas já aconteceu no Estado, alguns alunos me perguntaram sobre a minha religião e eu falei abertamente que eu era ateu, mas tiveram alunos que ficaram assim chocados, outros caíram na risada tipo “conta outra piada”. Mas eu não sei, foi algo que eles não entenderam muito bem, mas eu disse “Olha eu desrespeitei alguma religião de vocês? Aqui tem católico evangélico e algum dia eu falei que vocês estavam errados? Não eu respeitei vocês e quero ser respeitado do mesmo jeito”. Então ficou aquela coisa “Está bom! eu respeito, mas errado você está”. Este ano lá no Instituto nos temos duas turmas de EJA problemas, no ensino médio regular ninguém nunca bateu de frente, mas nas turmas de EJA já teve gente que perguntou “Isso daí é modelo do *Big Bang*, isso daí invalida o que está escrito na bíblia”, mas como eu percebo que o pessoal é mais de idade eu fui mais tranquilo e disse: “O modelo não disse que Deus não existe, quem criou o Big bang, por exemplo?”, então ele disse “Mas na bíblia diz que tudo foi criado em sete dias” e eu contra-arguntei “Mas a bíblia usa símbolos, ela usa Adão e Eva” então eu fui mais por

esse lado de manter o Big Bang, mas não falei em nenhum momento “Eu não acredito em Deus”.

Entrevistador: Sabe que eu estava lendo um livro essa semana que falava justamente sobre isso, “Controvérsias na Cosmologia” que falava sobre a briga de Fred Hoyle com a teoria dele contra o Big Bang. E o Hoyle falava justamente que o Big Bang foi criado para satisfazer a igreja, que é um modelo totalmente cristão, pois depende de uma criação, o que é algo mítico, pois você não pode falar do momento inicial no Big Bang assim como no criacionismo, quem criou esse Big Bang, então para Hoyle ele foi criado para satisfazer a igreja, totalmente ao contrário do que os alunos pensam, que o Big Bang vai contra Deus, o criacionismo, e no passado eles acreditavam justamente no contrário.

PE: A ideia do Big bang foi criada por um padre, o Lemaître, um belga.

Entrevistador: Isso mesmo, mas ao tratar de cosmologia em sala de aula nós corremos esse risco mesmo de nos depararmos com questões religiosas, entendo que o melhor que temos a fazer e não entrar muito nessa linha. Bom! Minha última pergunta para você, na verdade não é nem uma pergunta é um resumo do que nós conversamos aqui agora. Eu queria que você pontuasse por que o professor não leva cosmologia para a sala de aula, que você levantasse tópicos das dificuldades em levar a cosmologia para a sala de aulas, você não precisa comentar muito por você já fez isso ao longo da entrevista só pontuar.

PE: Eu acho que o maior problema é encaixar a cosmologia no currículo é a cobrança que nós temos pelo vestibular, o aluno quer o vestibular, e o vestibular não aborda cosmologia, eu acho que muitos professores sentem a necessidade de ensinar o currículo mínimo para passar no vestibular. No currículo do Brasil tudo é igual para todos os alunos, então todos terão a mesma carga horária de física, coisa que é diferente em outros países, o aluno que gosta de física vai se aprofundar mais, quem não gosta vai para outra coisa, então nós temos uma malha curricular que dificulta muito, já existem muitas ideias de inserir cosmologia, mas sempre para nessa amarra que é o nosso currículo e a cobrança dos vestibulares.

Entrevistador: Mais alguma coisa que você consiga apontar com relação as dificuldades?

PE: Bom! Muitos professores não vão ter formação para abordar esse tema, é obvio que o próprio caderno do Estado de São Paulo traz esse assunto, mas na faculdade eu tive uma disciplina de introdução à astronomia que era optativa no curso de licenciatura, então talvez eu nem tivesse feito por ser optativa.

Entrevistador: Você fez essa disciplina?

PE: Eu fiz introdução à astronomia e técnicas observacionais, eu não fiz astrofísica estelar.

Entrevistador: Mas eram todas optativas?

PE: Todas optativas, para a licenciatura eram todas optativas. Para o bacharelado também eram todas optativas, mas quem fizessem todas saía com uma ênfase.

Entrevistador: Se eu não me engano aqui em São Paulo, na USP, são todas optativas, mas lá no IFSP, antigo CEFET-SP, é um dos únicos cursos que tem uma obrigatória, que é astrofísica no último ano, uma disciplina obrigatória. É uma disciplina bem interessante, começa com o básico da astronomia e termina com uma passada pela cosmologia.

PE: Qual era a pergunta mesmo?

Entrevistador: Você estava pontuando as dificuldades de ensinar cosmologia.

PE: Bom! Se para mim, que tenho licenciatura em física, ela era optativa, outra dificuldade é que a maioria dos professores de física não são formados em física, quantos professores conhecem esse assunto para trabalhar isso em sala de aula, deve ser 1% ou 2%, uma porcentagem mínima, então é complicado você exigir o professor de trabalhar esse assunto, pois se não tem professor que domina o assunto esse tema não vai ser trabalhado.

Entrevistador: Na minha escola eu sou a única professora de física formada em física, e quando chega no caderno do aluno do primeiro ano, aquele sobre astronomia, os professores acabam ignorando esse assunto, por conta da falta de formação, na verdade eu que sou formada tenho que estudar para dar aula. Bom! Era basicamente isso que eu queria saber de você, essa entrevista me ajudou muito. Naquele questionário que você respondeu online, eu tive resposta de 160 professores, e foi daquelas respostas que eu encontrei os perfis que eu te enviei por e-mail, então eu selecionei um professor de cada perfil para poder entrevistar e assim ter uma visão geral das coisas. No momento eu não sei qual seu perfil, na verdade isso foi proposital, pois eu queria saber em qual perfil você se coloca para eu olhar e ver se eu coloquei você no perfil certo. Agora eu vou fazer a transcrição dessa entrevista e quando ela estiver pronta eu mando para você dar uma olhada para ver se você está de acordo com a transcrição.

PE: Combinado!