



DISCUTINDO A NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DA COSMOLOGIA: O UNIVERSO TEVE UM COMEÇO OU SEMPRE EXISTIU?

DISCUSSING THE NATURE OF SCIENCE THROUGH EPISODES OF THE HISTORY OF COSMOLOGY: WAS THERE A BEGINNING IN THE UNIVERSE OR HAS IT ALWAYS EXISTED?

Alexandre Bagdonas Henrique¹

Cibelle Silva²

¹ Universidade de São Paulo/Instituto de Física, alebagdonas@gmail.com

² Universidade de São Paulo/Instituto de Física de São Carlos, cibelle@ifsc.usp.br

Resumo

Neste trabalho a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário, que ocorreu a partir da segunda metade do século XX, serviu de base para a discussão de alguns aspectos sobre a “natureza da ciência”, visando à construção de subsídios para atividades didáticas na formação de professores. Guiados pela questão: “o universo teve um começo ou sempre existiu?” fizemos uma proposta de discussão explícita sobre o papel dos modelos e concepções filosóficas na ciência, além do caráter provisório do conhecimento científico.

Palavras-chave: história da ciência, filosofia da ciência, cosmologia, natureza da ciência, formação de professores.

Abstract

In this work the controversy between the Big Bang and Steady State theory, which occurred during the second half of the 20th century, was used to discuss some aspects of the nature of science, in order to prepare didactic activities in preservice teacher courses. Guided by the question “was there a beginning in the universe or has it always existed?” we made a proposal of an explicit discussion of the role of the models and philosophical conceptions in science, such as the tentativeness of science.

Keywords: history of science, philosophy of science, cosmology, nature of science, teacher training

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho estuda aspectos da história da cosmologia no século XX, buscando questões sobre a natureza da ciência que possam ser inseridas na forma de unidades

didáticas da disciplina Astronomia, ministrada em cursos de formação inicial de professores de ciências e física.

Há uma longa tradição de autores (Matthews 1994, Martins & Silva 2001, Carvalho & Vannucchi 2000, Peduzzi 2001) que defendem a relevância e inclusão da dimensão histórica e filosófica na formação dos licenciandos, pois esta pode contribuir para evitar visões distorcidas sobre os processos e fatores envolvidos na construção do conhecimento científico, de seu método e de suas relações com os seus condicionantes sociais.

As recentes reformas nas diretrizes educacionais no Brasil presentes em documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+), apontam para a necessidade de contextualização sócio-cultural do conhecimento científico, sugerindo a abordagem da construção do conhecimento científico através da história da ciência como uma das formas de viabilizar esta contextualização (Brasil 2002, p.32).

Atualmente a chamada “natureza da ciência” é vista como um aspecto essencial do ensino de ciências, que deve abordar não apenas os conteúdos, mas também ideias sobre a ciência. O termo “natureza da ciência” (NdC) refere-se ao conjunto de saberes sobre princípios epistemológicos envolvidos na construção do conhecimento científico, incluindo as crenças e valores intrínsecos a este processo (Lederman 1992). A definição de natureza da ciência é um conceito bastante complexo e dinâmico, uma vez que envolve os resultados de pesquisas de diversas áreas, como a história, filosofia e sociologia das ciências, além de ciências cognitivas, como a psicologia. Contudo, isso não impede que certos aspectos consensuais sejam incorporados aos currículos escolares (Matthews 1994, McComas 2008).

Dentre estes tópicos, citamos:

- A importância dos modelos, simplificações e concepções filosóficas na ciência.
- O caráter provisório do conhecimento científico;
- Experimentos não são a única rota para o conhecimento e são dependentes de teorias;
- Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente;
- As evidências empíricas são complexas, não permitindo interpretações únicas;
- A ciência é uma construção coletiva;
- As experiências prévias e características particulares dos cientistas podem influenciar a forma como a ciência é feita;
- Há fatores históricos, culturais, filosóficos, religiosos e sociais que influenciam a prática e o direcionamento da atividade científica;

Como já existe uma vasta literatura¹ que discute estes aspectos em detalhes, não o faremos aqui. Neste trabalho, vamos discutir alguns aspectos consensuais da NdC que podem ser incluídos nos currículos de ciências contextualizando-os e exemplificando-os a partir do estudo da controvérsia entre a Teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário. A discussão dos demais aspectos da natureza da ciência será realizada em trabalhos futuros.

Mas afinal, para que estudar cosmologia? Por que queremos saber sobre o que aconteceu há bilhões de anos? Ou ainda, por que se propõe a inserção do estudo da origem do universo no ensino médio? O ensino de cosmologia não pode ser justificado com argumentos utilitaristas, como a utilização prática no dia a dia, ou como forma de preparar o indivíduo para o mercado de trabalho. No entanto, a cosmologia é um tema que pode ser

¹ Há uma breve explicação destes tópicos em (Schivani & Bagdonas 2008).

fascinante, permitindo com naturalidade a inserção de discussões a respeito da natureza da ciência.

Os PCN+ propõem uma organização do ensino em seis temas estruturadores, entre eles “Universo, Terra e vida”. A cosmologia é sugerida como um tema adequado para ser discutido no ensino médio, como forma de desenvolver competências e habilidades, tais como compreender as notícias da mídia sobre ciência contemporânea, discutir sobre temas polêmicos, como a relação entre ciência e religião, realizar indagações filosóficas acerca da origem do universo, das influências dos modelos cosmológicos adotados sobre a sociedade da época e vice-versa, da temporalidade e mutabilidade do conhecimento científico, entre outras questões.

Especular sobre os enigmas da vida e do universo é parte das preocupações frequentemente presentes entre jovens. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do Universo, apresentando-lhes os instrumentos para acompanhar e admirar, por exemplo, as conquistas espaciais, as notícias sobre as novas descobertas do telescópio espacial Hubble, indagar sobre a origem do Universo ou o mundo fascinante das estrelas e as condições para a existência da vida como a entendemos no planeta Terra (Brasil 2002, p.32).

No caso particular do conhecimento cosmológico, um de seus papéis no ensino é propiciar ao aluno (e a seus professores) a formação de uma visão de mundo científica, que consiste em conhecer um conjunto de descrições e explicações a respeito do universo e da posição do homem no mesmo. Para a construção desta visão de mundo científica, é importante que além de conhecimentos sobre as teorias cosmológicas e resultados observacionais, também sejam conhecidos os caminhos que levaram a aceitação destes resultados e as implicações epistemológicas dos mesmos.

2 . Estudo de um episódio da história da cosmologia: a controvérsia entra a Teoria do Big Bang e a Teoria do Estado Estacionário

2.1 O universo teve um começo ou sempre existiu?

De onde surgiu o universo? Por que o universo existe? Por que algo deve existir? Por que as coisas são como são? Todos nós já nos fizemos perguntas de natureza filosófica como estas, principalmente quando crianças. No entanto, poucos gastam muito tempo refletindo sobre isso. Os adultos, quando têm que responder este tipo de pergunta para crianças, muitas vezes não as levam a sério e desencorajam essa curiosidade natural. Nesse caso, “ensinam” as crianças desde cedo a não perder tempo com esse tipo de coisa e a se concentrarem em assuntos mais “úteis”.

De fato, os cientistas não podem fornecer respostas para este tipo de pergunta. O físico inglês Dennis Sciama (1926 -1999) disse:

Nenhum de nós pode entender por que o universo existe, ou mesmo por que qualquer coisa deve existir; essa é a última pergunta. Porém, ainda que não possamos responder a essa pergunta, podemos progredir com outra mais simples, que é ‘Como o universo é como um todo?’ (Sciama apud Kragh 1996, p. xi).

As perguntas do primeiro parágrafo geralmente são respondidas pelas religiões e pela filosofia. A ciência pode, ao menos, tentar responder perguntas como: o universo

existiu sempre, ou teve um início? Terá um fim? É finito ou infinito? Qual é a sua forma? A cosmologia é uma ciência que busca responder estas perguntas fundamentais, que são tão antigas quanto a própria humanidade.

Desde a Antiguidade muitos modelos foram desenvolvidos, questionados e alterados para explicar o surgimento do universo. Durante muito tempo, a visão predominante na ciência ocidental foi a de que a Terra seria o centro do Universo. A chamada Revolução Copernicana consistiu em tirar a Terra desta posição privilegiada, o que envolveu o trabalho de muitos cientistas e um complexo processo de criação de uma nova física, que permitiu o estabelecimento do Heliocentrismo como o novo paradigma. Hoje, é aceita a ideia de que o universo não possui um centro e que não só a Terra está em órbita ao redor do Sol, mas também o Sol está em órbita ao redor do centro da galáxia, que por sua vez está no Aglomerado Local de galáxias, que é um dentre muitos outros conhecidos no universo.

Até o início do século XX os imensos conjuntos de sistemas de estrelas que hoje conhecemos como galáxias ainda não eram uma ideia clara e bem definida. A nossa Galáxia é chamada de Via Láctea, sendo apenas uma das muitas galáxias do universo. Na maior parte das obras sobre Astronomia essa informação é transmitida como um resultado pronto, que costuma ser aceito sem levar a mais reflexões (Bagdonas et al 2008)².

No presente trabalho vamos nos concentrar em uma destas importantes perguntas: *o universo existiu sempre, ou teve um início?* Em particular, analisaremos o embate entre duas teorias conflitantes no século XX: a teoria do Big Bang, segundo a qual houve um instante inicial e a teoria do Estado Estacionário, que consiste em um universo que sempre foi e sempre será como se observa agora, ou seja, um universo que não muda e cuja idade é infinita. Não há dúvidas que a controvérsia entre o Big Bang e a Teoria do Estado Estacionário envolveu não só argumentos científicos e filosóficos, mas também ideias políticas, éticas e religiosas. (Kragh 1996, p. 257). Neste trabalho, enfatizaremos alguns dos argumentos filosóficos envolvidos na discussão, deixando os aspectos políticos e religiosos para um próximo trabalho.

2.2 A Relatividade e a cosmologia científica

Havia uma cosmologia científica antes do século XX. Porém neste trabalho vamos nos preocupar com a cosmologia desenvolvida a partir da criação da teoria da Relatividade Geral pelo físico alemão Albert Einstein (1859 -1955), na década de 1920, que é bem diferente da cosmologia anterior. Segundo a teoria formulada por Isaac Newton (1643-1727), a gravidade é uma força de atração entre corpos que têm massa. No entanto, se a força da gravidade é sempre atrativa, é um problema explicar a estabilidade do universo. O que impede o colapso gravitacional de toda a matéria no universo?

Newton já havia percebido este problema. Numa tentativa de solução, ele propôs que o Universo seria infinito, com infinitas estrelas cercando certo corpo. Assim, a força gravitacional total se anularia (Kragh 1996, p. 7).

Einstein desenvolveu a partir de 1907 a Teoria da Relatividade Geral, que alterou a nossa visão sobre a gravidade. A visão newtoniana, de que a gravidade seria uma força que

² Neste trabalho foram selecionados aspectos da natureza da ciência que podem ser discutidos a partir do estudo da história da galáxia, com enfoque maior no “Grande Debate”, que é mencionado na seção 2.2.

se propaga instantaneamente, foi substituída pela ideia de que a gravidade é uma manifestação da curvatura do espaço-tempo.

Não se pode dizer que Einstein inventou a cosmologia, mas ele estabeleceu novas bases matemáticas que foram importantes para os desenvolvimentos seguintes. Einstein desenvolveu uma teoria cosmológica, tentando explorar os resultados de suas equações da Relatividade Geral para o Universo como um todo. No entanto, persistia o problema sobre a estabilidade do Universo. De acordo com o modelo de Einstein, o Universo não poderia ser *estático*. Para resolver este problema ele introduziu em suas equações um fator chamado “constante cosmológica”, que representa um tipo de repulsão, equilibrando a atração gravitacional e permitindo a existência de um Universo estático, em equilíbrio. A introdução dessa constante em suas equações foi bastante controversa. Para muitos foi uma modificação artificial que não foi muito bem recebida. Para outros, era o mais sensato a se fazer, já que o universo parecia ser estático. De forma geral, a constante cosmológica acabou sendo admitida como uma possibilidade a ser investigada (Martins 1994, p. 136).

2.3 Edwin Hubble: as galáxias e a expansão do universo

Hoje a visão mais aceita é a de um universo em evolução, repleto de galáxias que se afastam com velocidades altíssimas. Até o começo do século XX o conceito de galáxia ainda estava em construção. Costuma-se chamar de “Grande Debate” o debate público ocorrido na década de 1920, entre dois astrônomos, Harlow Shapley (1885-1972) e Heber Curtis (1872-1942), sobre a natureza das nebulosas e o tamanho da Via Láctea. Shapley defendia uma Galáxia muito grande, contendo muitas nebulosas, enquanto Curtis acreditava que a Galáxia fosse menor, inserida em um vasto universo repleto de galáxias.

A solução deste debate ocorreu alguns anos mais tarde, quando foram construídos grandes telescópios e foi possível observar essas nebulosas com uma ampliação muito maior e perceber que elas eram conjuntos de estrelas, e não nuvens de gás como se acreditava. Pouco tempo depois, o astrônomo estadunidense Edwin Hubble (1889-1953) conseguiu medir as distâncias de algumas “nebulosas”, acrescentando um novo elemento a essa discussão. Observou estrelas de brilho variável, chamadas cefeidas, na então “nebulosa” de Andrômeda e utilizou o método de medir distâncias estelares desenvolvido pela astrônoma estadunidense Henrietta Leavitt (1868-1921), que percebeu que há uma relação entre a magnitude absoluta³ e o período de variação do brilho das cefeidas. Conhecendo a magnitude absoluta de uma estrela, é possível medir sua distância. Dessa forma, calculou uma distância de cerca de 900 mil anos luz para a cefeida que observara (a distância conhecida atualmente da galáxia de Andrômeda é de cerca de dois milhões de anos luz).

Como o valor de distância encontrado é muito maior do que o das estrelas da Via Láctea, a medida de Hubble foi vista como um indício de que Andrômeda é um corpo exterior à nossa galáxia. Sendo assim Andrômeda deixou de ser considerada uma nebulosa em nossa galáxia, passando a ser considerada como outra galáxia. Com o tempo constatou-se que o mesmo ocorria para outras “nebulosas” (Martins 1994, Neves 2000, Bagdonas et al 2008).

³ Magnitude é uma medida do brilho de uma estrela. A magnitude aparente é o brilho visto da Terra. Já a magnitude absoluta é o brilho intrínseco, que não leva em consideração a distância da estrela.

Nos anos seguintes, trabalhando no grande observatório de Monte Wilson, nos EUA, Hubble conseguiu medidas de distâncias e redshifts⁴ para corpos mais distantes do que se conseguira até então. Supondo que nosso planeta não se encontra num local privilegiado do cosmo, é plausível pensar que ao observar os espectros de tais galáxias, algumas delas se afastariam, enquanto outras se aproximariam da Via Láctea. É de se esperar também que a distribuição angular de galáxias que se afastam e que se aproximam deva ser isotrópica, isto é, igual em todas as direções.

Entretanto não foi isso que Hubble observou. Em 1929 publicou um trabalho em que apresentava os dados de 46 galáxias, com medidas razoavelmente confiáveis das distâncias de 20 delas. A quase totalidade das galáxias vizinhas, exceto algumas muito próximas e, portanto sujeitas ao nosso campo gravitacional, estariam se afastando.

Com esses dados, ele chegou à relação linear entre os redshifts das galáxias e a sua distância, que ficou conhecida como a Lei de Hubble. Hoje, esta lei é interpretada como uma evidência de que o universo está em expansão e considerada um dos pilares mais importantes da cosmologia moderna (Kanipe 1995).

$$\text{Lei de Hubble: } v_{\text{radial}} = H_0 d$$

Onde v é a velocidade radial da galáxia, d a distancia da mesma ao observador e H_0 uma constante, chamada *constante de Hubble*.

2.4 Princípios cosmológicos

Todas as galáxias estão se afastando da nossa, com velocidades que aumentam com a distância. Mas então, isso não nos mostraria que voltamos para o centro do universo? Se todos os corpos se afastam de nós, isso não nos coloca novamente numa posição privilegiada?

Para a maior parte dos cientistas, é mais sensato assumir que não. Hoje em dia, é muito ousado dizer que estamos no centro do universo. É preferível supor que todos os pontos do universo são equivalentes, todos eles observariam o mesmo que observamos. Não há um centro no universo.

Para entender isso uma analogia útil é a de um universo de duas dimensões, como na superfície de uma esfera, ou uma bexiga sendo inflada. Conforme o raio da bexiga aumenta, aumentam as distâncias entre as “galáxias” que estão sobre a superfície da bexiga. Quanto mais distantes estão dois pontos, maior parece ser sua velocidade de afastamento. Mas note que neste modelo, todos os pontos são equivalentes, não há um ponto privilegiado. O centro da bexiga, que poderia ser considerado como um ponto diferenciado, está fora da superfície, e portanto, fora do universo em nossa analogia.

A ideia de que não há um centro no universo, de que não há observadores privilegiados, é muitas vezes chamada de *Princípio Copernicano*, já que a Revolução Copernicana consistiu em deixar de acreditar que a Terra é o centro do universo. Este princípio não é algo que pode ser verificado experimentalmente.

Uma versão parecida deste princípio é o chamado *Princípio Cosmológico*. Há várias formulações deste princípio, por diversos autores ao longo da história. Uma delas é a de

⁴ Redshift, ou desvio espectral para o vermelho, é um aumento do comprimento de onda da radiação eletromagnética recebida, comparado com o comprimento de onda emitido por uma fonte utilizada como padrão.

que o universo seja homogêneo⁵ e isotrópico em larga escala. *Homogeneidade* quer dizer que todos os pontos do universo são equivalentes, não há nenhum observador privilegiado. Já assumir a *isotropia* significa dizer que todas as direções de observação são iguais. Em termos mais técnicos: ser isotrópico é ser invariante por rotação; ser homogêneo, invariante por translação.

Outra formulação possível para o Princípio Cosmológico é a feita pelo astrofísico inglês Edward Milne (1896–1950) em 1933, segundo a qual “*as leis da física devem parecer iguais para todos os observadores equivalentes, independente de sua posição no espaço*” (Kragh 1996, p.62). Esta formulação é diferente da que envolve isotropia e homogeneidade, mas estão relacionadas. Tanto que foram confundidas por muitos autores⁶, que não perceberam que há uma distinção entre a distribuição de matéria (relacionada à isotropia e homogeneidade) e reprodutibilidade dos experimentos (o fato de as leis da física serem iguais para todos os observadores)⁷ (North 1991, p. 305).

A maior parte dos modelos cosmológicos assume o Princípio Cosmológico. É preciso adotá-lo, uma vez que se o universo inteiro não for semelhante à região que podemos observar, não faz sentido admitir que se pode usar as mesmas leis para o universo como um todo. Além disso, sem essa simplificação, a solução das equações de modelos cosmológicos derivados a partir da relatividade geral não seria possível, por causa da complexidade das equações.

Se as outras regiões distantes fossem muito diferentes, não poderíamos saber como elas são e seria impossível fazer uma teoria do universo. Por isso, admitimos que todas as regiões do universo são semelhantes entre si. (Martins, 1994, p. 142).

No início do século XX, a maioria dos cientistas foi cautelosa em aceitar os modelos cosmológicos, por não achar que se pode, com segurança, aplicar as leis da física para o universo como um todo. Uma objeção comum era a de que parece precipitado querer tirar conclusões sobre o universo inteiro sendo que só conhecemos a pequena vizinhança em que estamos confinados (Kragh 1996, p. 13).

Há também diferentes posturas em relação aos princípios cosmológicos, em suas várias formulações. Alguns os consideram como verdades parciais, aceitas temporariamente, corroborados por evidências observacionais. Já outra postura é a de que se trata de um princípio *a priori*, sem o qual a cosmologia é impossível (North 1991, p. 310). Richard Tolman (1881-1948), físico estadunidense, em 1934, apontava que não seria muito sábio crer numa correspondência exata entre os modelos cosmológicos e a realidade, nem esboçar conclusões muito definitivas, já que se partiu da suposição de que o universo é homogêneo em larga escala (Videira & Ribeiro 2004, p. 525). Já o cosmólogo Malcolm A. H. MacCallum, na década de 1990, apontava que “*a crença na homogeneidade do universo em larga escala ainda tem um suporte observacional pobre [...] O estudo da homogeneidade exige de nós um conhecimento sobre situações a distâncias enormes no tempo presente, enquanto que aquilo que podemos observar é o que aconteceu há muito tempo atrás.*” (MacCallum apud Videira & Ribeiro 2004).

⁵ A ideia o espaço não ser homogêneo passou a ser considerada a partir da criação de geometrias não euclidianas, pelo matemático alemão Bernard Reimann (1826-1866). (North 1991, p.300)

⁶ Por exemplo, pelos autores da teoria do Estado Estacionário, que será apresentada na seção 2.4.

⁷ A reprodutibilidade de um experimento é um conceito metafísico. Não há como fazer a mesma medida duas vezes. Por exemplo, num universo em que a entropia sempre cresce, faz sentido dizer que as leis são sempre as mesmas? O aumento da entropia não mudaria as leis da física? (North 1991, p. 308)

Além disso, os experimentos que são criados para verificar a homogeneidade do universo são baseados em pressupostos teóricos que assumem a própria homogeneidade. Assim, é impossível testar diretamente se o universo é homogêneo e isotrópico (Videira 2004, p. 527).

Estas discussões sobre os princípios cosmológicos e a confiabilidade da cosmologia estão presentes na comunidade científica até hoje. A consolidação da teoria do Big Bang como teoria hegemônica fez com que muitos cientistas esquecessem que, ainda que haja observações confirmando previsões desta teoria, partiu-se da ideia discutível de que o universo é homogêneo e isotrópico.

Vamos agora apresentar as duas teorias que propõe respostas conflitantes para a nossa pergunta inicial: *o universo teve um começo ou sempre existiu?*

2.5 Os pilares do Modelo Padrão

Admitindo a expansão do Universo e utilizando as descobertas da física de partículas, na metade dos anos quarenta, George Gamow (1904–1968), um físico soviético que se mudou para os EUA, propôs que os elementos leves que existem hoje no Universo teriam sido sintetizados no universo primordial. Junto com seus estudantes, Ralph Alpher (1921-) e Robert Hermann (1920-1997), ele investigou os estágios iniciais do Universo e a formação dos elementos químicos.

Seu modelo cosmológico ficou conhecido como teoria do Big Bang: um universo primordial muito pequeno, quente e denso, que passou a se expandir e esfriar. No instante inicial, o volume seria nulo, o que caracteriza a chamada singularidade inicial: toda a matéria existente estava concentrada em um ponto, cuja densidade é infinita. Desta forma, o universo teria sido criado num tempo definido no passado e sua idade hoje é estimada em cerca de 13 bilhões de anos. Estas características do universo são aceitas pela maioria da comunidade científica atual, constituindo o paradigma vigente (Neves 2000).

Com o tempo a teoria de Gamow recebeu contribuições de muitos outros cientistas, e passou a ser conhecida como o modelo Padrão da cosmologia, que hoje é o mais aceito na comunidade científica. É embasado por vários dados observacionais, sendo que os mais importantes, os chamados “pilares da cosmologia moderna” seriam: a expansão do universo, a abundância dos elementos leves (hidrogênio, hélio, deutério e lítio), e a radiação cósmica de fundo (Kanipe 1995).

Porém, até a década de 1950, para a maior parte dos cientistas a cosmologia ainda não era considerada muito “científica”, por haver poucos dados observacionais disponíveis. (Kragh 1996, p. 219). Neste contexto havia vários modelos cosmológicos diferentes; neste trabalho vamos enfatizar a controvérsia entre as duas principais teorias: a do Big Bang e a do Estado Estacionário.

2.6 A Teoria do Estado Estacionário

Houve vários modelos de estado estacionário. O mais famoso foi o criado em 1948, por Hermann Bondi (1919-2005), Thomas Gold (1920-2004) e Fred Hoyle (1915-2001).

Estes três cosmólogos britânicos de Cambridge, concordavam que a cosmologia relativística e o Modelo do Big Bang⁸ proposto por Gamow não eram satisfatórios.

No começo da década de 1950, a Teoria do Estado Estacionário se estabeleceu como uma dentre várias teorias cosmológicas disponíveis. Porém, ela não atraiu o interesse de muitos cientistas. Era defendida abertamente apenas por Hoyle, Gold, Bondi e William McCrea (1904-1999). A maior parte dos astrônomos tinha uma preferência geral pelas cosmologias relativísticas como a de Gamow. Muitos buscavam por novas observações. A falta de dados experimentais, fez com que a maior parte das discussões da época envolvesse muitos argumentos filosóficos, que normalmente são considerados não científicos.

A Lei de Hubble era consensualmente aceita na época e mostrava que o Universo está em expansão. Logo, o universo não poderia ser estático, como defendeu Einstein. Mas isso não quer dizer que ele não possa ser *estacionário*, ou seja, permaneça com um aspecto constante, em larga escala. Porém, para que isso seja possível, seria preciso assumir que há criação contínua de matéria, para que a densidade do Universo permaneça constante.

No modelo de Estado Estacionário criado pelo trio de Cambridge, novos átomos são criados numa taxa determinada pela velocidade de expansão. Essa taxa foi estimada na época, mas era tão baixa que não poderia ser detectada experimentalmente. Porém, apesar de lenta, a criação é contínua, de forma que conduz à formação de novas galáxias (Martins 1994, p. 160; Kragh 1996 p.174; North 1991, p. 208).

Ao contrário do que a maioria pensava na época, a versão de Hoyle da teoria do Estado Estacionário não violava a conservação da energia (Hoyle et al 2001). Já Gold e Bondi não concordaram com a tentativa de Hoyle, uma vez que não tinham problemas em abandonar a conservação da energia numa escala cósmica. Eles criaram uma versão da teoria do Estado Estacionário mais qualitativa, fazendo uso explícito de argumentos filosóficos. Eram adeptos de uma versão mais forte do *Princípio Cosmológico*, o chamado *Princípio Cosmológico Perfeito*, segundo o qual não só o espaço, mas também o tempo é homogêneo e isotrópico. Isso quer dizer que todos os instantes de tempo devem ser equivalentes, ou que não há nenhum observador privilegiado no tempo. Dessa forma, o universo deve ter sempre o mesmo aspecto, em larga escala. Isso leva a previsões testáveis, como as de que as densidades de matéria e radiação, assim como a média de idade das galáxias observadas devem ser sempre as mesmas, constantes no tempo. (North 1991, p. 211).

Na década de 1950, a teoria do Estado Estacionário se estabeleceu com uma alternativa viável para a teoria do Big Bang. Tanto Fred Hoyle quanto George Gamow escreveram muitos livros de divulgação científica, de forma que a controvérsia acabou atraindo a atenção do público em geral.

2.7 O desfecho da controvérsia: a radiação cósmica de fundo

Em 1964, Arno Penzias (1933-) e Robert Wilson (1936-), dois radioastrônomos americanos, encontraram um ruído de fundo desconhecido usando uma antena de rádio numa empresa de telecomunicações. Após várias tentativas sem sucesso de identificar sua fonte, notaram que o ruído persistia em todas as direções. Perceberam que se tratava de uma radiação na faixa de microondas que correspondia a uma temperatura de

⁸ Este nome foi criado por Fred Hoyle, um dos autores da teoria do Estado Estacionário, para criticar os modelos cosmológicos com um começo no tempo.

aproximadamente 3 Kelvin. Em pouco tempo sua descoberta foi interpretada como um espectro de corpo negro residual, uma radiação fóssil do universo primordial, que ficou conhecida como Radiação Cósmica de Fundo (RCF) (Neves 2000).

Na maioria dos livros sobre cosmologia se diz que esta foi uma grande comprovação experimental da Teoria do Big Bang. Gamow e seus colaboradores já teriam previsto a temperatura desta radiação (cerca de 2.7 K), e que a teoria do Estado Estacionário de Hoyle, Bondi e Gold era incapaz de explicá-la. No entanto, ambos os modelos aceitavam a expansão do universo (Assis & Neves 1995).

Porém, houve várias previsões para essa medida ao longo das décadas de 1950 e 1960, conforme mostra a tabela a seguir:

Ano	Universo Estacionário	Big Bang	Temperatura (K)
1896	Guillaume		5,6
1926	Eddington		3,2
1933	Regener		2,8
1937	Nernst		2,8
1949		Alpher & Hermann	≥ 5
1953		Garnow	7,0
1953	Finlay-Freundlich		2,3
1953	Finlay-Freundlich		$1,9 \leq T \leq 6,0$
1961		Garnow	50,0

Medidas para a temperatura da radiação cósmica de fundo (Neves 2000, p. 194)

Analisando a tabela, vemos que até a década de 1960, as previsões das teorias do Estado Estacionário eram mais próximas do valor experimental medido por Penzias e Wilson do que as previsões a partir da Teoria do Big Bang. Após a descoberta da RCF o próprio Gamow, numa carta a Penzias, tentou convencê-lo de que ele já havia previsto a temperatura da RCF correta, de cerca de 2.8K (Assis & Neves 1995).

Com o desenvolvimento tecnológico que permitiu a criação de telescópios poderosos, que investigam o cosmos em todas as frequências do espectro eletromagnético, a cosmologia passou a ser definitivamente considerada como “uma ciência grande”, como as demais áreas da física. (Hoyle et al 2001, p. viii).

Nos dias de hoje, a RCF consiste no terceiro pilar da Teoria do Big Bang. Na década de 1990, o satélite espacial COBE fez medições muito precisas das flutuações de temperatura presentes na RCF. De acordo com o projetista do COBE, John Matter, o resultado das medidas do satélite espacial acabou com as dúvidas acerca da validade da teoria do Big Bang (Kanipe 1995). Ao comentar os resultados dessa descoberta em jornais, alguns cientistas dramaticamente sugeriram que se estava vendo “a face de Deus”, ou o “Santo Graal da Cosmologia” (Hoyle et al 2001, p. viii).

De fato posteriormente se percebeu que a partir da teoria do Big Bang se pode explicar não só a temperatura, mas também outras características observadas pelos satélites espaciais, como suas flutuações de temperatura. Porém dizer que Gamow já havia previsto a temperatura correta é uma reconstrução racional do processo histórico, que é comum nos manuais didáticos que não levam em conta a complexidade do processo histórico.

Ainda hoje, não se pode dizer que a radiação cósmica de fundo é necessariamente uma evidência experimental da teoria do Big Bang. Hoyle, agora com dois novos parceiros, o físico inglês Geoffrey Burbidge(1925-) e o astrofísico indiano Jayant Narlikar(1938-), propôs uma nova versão da teoria do trio de Cambridge da década de 1940, agora chamada de teoria de Estado Quase-Estacionário. Segundo seus autores, ela explica os dados das flutuações da RCF medidos pelo satélite COBE (Hoyle et al 2001, p. 197)

Há um número crescente de cientistas que acham que a teoria do Big Bang não é satisfatória, buscando modelos alternativos (Kanipe 1995, Videira & Ribeiro 2004, Hoyle et al 2001, Neves 2000).

Mesmo dentre os cientistas que aceitam o Modelo Padrão, ainda há divergências sobre o que teria acontecido nos instantes iniciais do universo. O físico francês Levy Leblond, por exemplo, aponta que de acordo com a teoria da relatividade, corpos com massa não podem chegar a velocidades superiores à da luz. Quando se fornece energia para um corpo, aumentando sua velocidade, sua massa inercial também aumenta, de forma que quanto maior a velocidade atingida, mais energia é necessária para aumentar esta velocidade. Assim, a velocidade da luz pode ser vista como uma grandeza “infinita”, por que não pode ser atingida. *“Porque utilizamos instrumentos de medida e unidades contingentes, nós encontramos um valor finito. Mas, na realidade, é um infinito. O mesmo vale para a idade do Universo: pode-se afirmar que o Universo há vinte bilhões de anos é uma medida convencional e dizer que sua idade é infinita é uma significação profunda, conceitual da teoria. [...] Precisa-se sair da falsa ideia de que o Big Bang seria um instante. O Big Bang é uma fase, a fase mais explosiva da vida do Universo, que começou em um tempo infinito e, deste ponto de vista, de que o Universo sempre existiu (Levy-Leblond apud Neves 2000, p. 226).*

Dessa forma vemos que mesmo aceitando a teoria do Big Bang, ainda assim se poderia dizer que o universo não foi criado, mas sim sempre existiu. A ciência ainda não encontrou uma explicação consensual para o surgimento do universo e não se sabe nem se houve um surgimento.

3. Discutindo a natureza da ciência

A partir do estudo deste episódio histórico, envolvendo a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário podemos discutir explicitamente alguns pontos relevantes sobre a natureza da ciência

1) A importância das simplificações, concepções filosóficas e dos modelos na ciência.

Em física é essencial fazer simplificações. Muitos fenômenos são complexos demais para serem explicados detalhadamente. O cientista tem que escolher quais são os aspectos mais relevantes do fenômeno, desprezando aspectos muito complexos ou desnecessários. Na mecânica clássica, por exemplo, a massa e a velocidade de um corpo são grandezas essenciais, enquanto que a cor e a textura do corpo são desprezadas. Os conceitos de ponto material, conservação da energia mecânica, movimento sem atrito e resistência do ar, corpos perfeitamente rígidos, referenciais inerciais, entre muitos outros, são exemplos de idealizações presentes nas teorias físicas (Kneller 1980, p. 131).

Nas teorias cosmológicas, o universo como um todo é modelado como um gás, cujas grandezas relevantes são a pressão, a densidade e a temperatura. Vimos que vários

pressupostos de natureza filosófica são adotados, como os *Princípios Cosmológicos*. Nessa abordagem, são desprezados aspectos locais, como o fato de o céu observado ser claramente não homogêneo, por causa da concentração de estrelas no núcleo da Via Láctea. Os aspectos relevantes são os referentes ao universo *em larga escala*.

É muito importante salientar o papel dos modelos na criação das teorias físicas. Toda teoria científica é uma representação da natureza, e não a própria natureza. Muitas vezes, os cientistas confundem o objeto pesquisado com suas teorias, de forma podem se tornar dogmáticos e pouco críticos, sem aceitar a possibilidade de abordagens alternativas como as teorias diferentes do Big Bang (Videira & Ribeiro 2004).

2) *Caráter provisório do conhecimento científico.*

As teorias alternativas ao modelo do Big Bang quase nunca são citadas nos livros e artigos sobre cosmologia. O Big Bang é aceito pela maior parte dos adeptos da “visão de mundo científica”, não porque foram apresentadas as alternativas, mostrados os argumentos a partir dos quais estes fizeram a sua escolha, mas simplesmente porque a maior parte da comunidade científica prefere o Big Bang (Neves 2000).

Como é comum na história da ciência, as teorias diferentes das aceitas atualmente acabam sendo aos poucos esquecidas. Tanto que atualmente é raro ouvir sobre as teorias do Universo Estacionário. A maior parte dos artigos e matérias de divulgação científica sobre cosmologia apenas mencionam a teoria do Big Bang, passando a impressão ao leitor de que não há dúvidas e que o que está escrito é a verdade, dado o prestígio do autor (Hoyle et al 2000, p. viii).

O estudo deste episódio histórico pode ser útil para evitar a consolidação da visão ingênua de que a Teoria do Big Bang tenha status de verdade imutável. O questionamento racional do que ouvimos sobre os fenômenos naturais é sempre importante e uma das metas a serem atingidas pelo ensino de ciências. Concordamos com Martins (1994, p. 5) que pergunta: “*Na tentativa de chamar a atenção, os jornalistas às vezes exageram a importância de uma nova descoberta e publicam manchetes do tipo: ‘Acaba de ser provado que o universo começou de uma explosão’. Mas foi provado mesmo?*”

Por outro lado, um cuidado a ser tomado é evitar outra visão extrema: a total desvalorização do conhecimento científico. É importante deixar claro que a ciência, mesmo sendo constituída por verdades absolutas, ainda assim produz resultados valiosos e duráveis (McComas 2008).

Conclusões

Afinal, o universo sempre existiu ou teve um começo no tempo? Neste trabalho mostramos que a maior parte da comunidade científica aceita a teoria do Big Bang, que propõe que o universo foi criado há cerca de 13 bilhões de anos, ou seja, o universo teve um começo. Esta resposta é a mesma dada pela maior parte das religiões, que propõe um universo criado no passado, com uma idade finita. Tanto que muitas vezes o modelo do Big Bang foi visto como dando suporte a visão de um universo criado, compatível com o Cristianismo. A influência de aspectos religiosos sobre a controvérsia cosmológica estudada é um assunto muito interessante e rico para se discutir aspectos da natureza da ciência. Este assunto deve ser explorado por nós num trabalho futuro.

Porém, esperamos ter deixado claro que não é possível dar uma resposta definitiva para esta pergunta, porque o conhecimento científico não é constituído de verdades absolutas. Com os sucessos observacionais nos últimos anos, a cosmologia passou a ser considerada uma área de pesquisa muito importante e confiável. Mesmo assim, ainda há muitas possibilidades diferentes para interpretação dos resultados, o que nos mostra a complexidade do processo de construção do conhecimento científico.

Sendo assim não se pode afirmar que a ideia de que o universo teve um começo foi provada, ou mesmo aceita de forma unânime na comunidade científica. Ainda há muitas dúvidas sobre o assunto, o que nos leva a uma pluralidade de teorias possíveis para explicar o surgimento do universo. Como continuação deste trabalho, pretendemos elaborar atividades didáticas, a partir deste estudo histórico, que envolvam uma discussão explícita sobre o caráter provisório do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, André K.T. e NEVES, Marcos C.D. History of the 2.7K temperature prior to Penzias and Wilson. *Apeiron*, 3(2):79-87, 1995.
- BAGDONAS, Alexandre; ANDRADE Victória F. e SILVA, Cibelle Celestino. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: O Grande Debate. In: *Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física- SNEF*. Vitória, ES. 2008
- BRASIL, MEC, SEMTEC. *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. & VANNUCCHI, A. I. History, Philosophy and Science Teaching: Some Answers to “How?”. *Science & Education* 9(5), 427-448, 2000.
- HOYLE, F.; BURBIDGE G. NARLIKAR J.V. *A different approach to cosmology*. Cambridge University Press, 2000.
- KANIPE, Jeff. The pillars of cosmology: a short history and assessment. *Astrophysics and Space Science* 227,109-118, 1995.
- KNELLER, F. *A ciência como atividade humana*. Editora Zahar, Rio de Janeiro, 1980.
- KRAGH, Helge *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe*. Princeton, Princeton University Press, 1996.
- LEDERMAN, N.G. Student’s and teacher’s conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4) 331-359, 1992
- MATTHEWS, M. R. *Science teaching – the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.
- MARTINS, Roberto de A. *O universo: teorias sobre sua origem e evolução*. São Paulo: Editora Moderna, 1994.
- MARTINS, Roberto de Andrade & SILVA, Cibelle Celestino. Newton and color: the Complex Interplay of Theory and Experiment, *Science & Education* 10: 287-305, 2001.
- NEVES, Marcos C. D. A questão controversa da cosmologia moderna: uma teoria e suas incongruências - parte 2. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 17(2), 205-228, 2000.
- McCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education* 17: 249-263, 2008.

- NORTH, John David. *Measure of the universe: a history of modern cosmology*. New York: Dover, 1991.
- PEDDUZZI, L. O. Q. (2001) Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC. Pp. 151-170.
- SCHIVANI, Milton e BAGDONAS, Alexandre;. Pensamento epistemológico no ensino de física: uma investigação preliminar no Ensino Médio . In: *Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física- SNEF*. Vitória, ES, 2008.
- VIDEIRA, Antonio. A. P. & RIBEIRO, M. Byrro. Cosmologia e pluralismo teórico. *Scientiae Studia* 2(4), 519-535. 2004