

UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA HISTÓRIA DA COSMOLOGIA MODERNA NO ENSINO DE CIÊNCIAS BRASILEIRO

A BIBLIOGRAPHIC REVIEW OF THE HISTORY OF MODERN COSMOLOGY IN BRAZILIAN SCIENCE TEACHING

Romulo Ramunch Mourão Silva¹ 

Daniel Fernando Bovolenta Ovigli² 

Resumo

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica que objetivou realizar um levantamento sobre o Estado do Conhecimento da história da cosmologia moderna no ensino de ciências brasileiro. Partimos do pressuposto de que a cosmologia moderna é pouco inserida em sala de aula. Outros levantamentos como o presente indicaram que essa temática pode, ainda, ser constituída majoritariamente por trabalhos de natureza teórica, que buscam apresentar a (história da) cosmologia moderna para os professores de diferentes níveis. Nesse sentido, indagamos: qual é a história da cosmologia que é contada no ensino de ciências brasileiro? Observamos, descrevemos e interpretamos uma história abrangente, que percorre desde as bases dessa ciência até os dias atuais e o que está em aberto (1910-2010). Entretanto, é perceptível uma baixa quantidade de trabalhos que falam sobre o tempo presente, sendo a maioria deles de natureza teórica e preocupada com a formação de professores e pouco presente na educação básica. Além de outras considerações, concluímos um estágio ainda precoce e restrito sobre a temática no ensino de ciências. Por fim, apontamos a necessidade de ampliar esta pesquisa a fim de observar o panorama internacional do ensino de cosmologia.

Palavras-chave: Ensino de Física; História da Ciência; Cosmologia.

Abstract

The present paper is a bibliographic review that aimed to carry out a survey related to the history of modern cosmology in Brazilian science education. We start from the assumption that modern cosmology is little inserted into the classroom. Other surveys, such as the present one, indicated that this theme can still be constituted mainly by papers of a theoretical nature, which seek to present the (history of) modern cosmology to teachers at different levels. In this sense, we ask, what is the history of cosmology that is told in Brazilian science education? We observe, describe and interpret a comprehensive history, ranging from the foundations of this science to the present day and what is open (1910-2010). However, it is noticeable a low amount of papers that talks about the present time, most of them being of a theoretical nature and concerned with teacher training and little present in basic education. Finally, we point out the need to expand this research in order to observe the international panorama of the teaching of cosmology.

Keywords: Science Teaching; Science History; Cosmology.

¹ Licenciado em Física pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Mestre em Educação pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

² Doutor em Educação para Ciência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp). Docente da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) nos Programas de Pós-Graduação em Educação (PPGE/UFTM) e Educação em Ciências e Matemática (PPGECM/UFTM).

Introdução

Neste trabalho partimos do pressuposto de que o corpo de conhecimentos que pode ser construído e dialogado na escola é restrito por pelo menos três motivos diferentes. O primeiro diz respeito às escolhas que cada professor faz para o currículo das turmas nas quais leciona. O segundo, que impacta diretamente o primeiro, é que os profissionais da Educação Básica não necessariamente foram preparados para desenvolver determinados conteúdos em sala de aula. O terceiro é que essa restrição pode ocorrer devido ao próprio processo de amadurecimento do conhecimento, ou seja, ele ainda não se encontra estável o suficiente para ser transposto para o currículo escolar.

Não obstante tais motivos, evidências das dificuldades de implementação de assuntos mais atuais em aulas de física são observadas há pelo menos duas décadas por meio dos trabalhos de Ostermann e Moreira (2000) e Pereira e Ostermann (2009), no que tange ao ensino de tópicos de física moderna e contemporânea. Ostermann e Moreira (2000) apontaram que, apesar de haver uma grande quantidade de justificativas para a introdução desses tópicos em sala de aula, ainda havia desafios para este feito. Na ocasião os autores destacaram a baixa quantidade de trabalhos que descreviam uma aplicação desses tópicos em sala de aula. Apontaram, ainda, uma lista de tópicos consensuais de física moderna e contemporânea a serem ensinados, na qual consta a Origem do Universo e o *Big Bang* (OSTERMANN; MOREIRA 1998 apud. OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Nove anos depois, Pereira e Ostermann (2009) realizaram nova revisão e observaram que, apesar do aumento notável de trabalhos que envolviam tópicos de física moderna e contemporânea, praticamente metade se colocava como material de consulta para professores. Além disso, da amostra total, a maioria das temáticas, ainda que fossem bases para os estudos cosmológicos (como é o caso da relatividade geral), não necessariamente abordavam o tema.

Frente ao cenário que nos apresenta, consideramos importante compreender em que estágio se encontra a abordagem dos estudos cosmológicos no ensino de ciências. Em um primeiro momento gostaríamos de destacar que já existem levantamentos bibliográficos realizados sobre a temática (BARBOSA; LEITE, 2019; BAZETTO; BRETONES, 2011; SEABRA; BAGDONAS; MACIEL, 2017; SOARES; CORRÊA, 2020). A maioria deles propõe uma abordagem qualitativa sobre o tema e relatam como a cosmologia tem sido trabalhada.

Um deles é o artigo apresentado por Bazetto e Bretones (2011), que procurou identificar como, onde e quem está produzindo trabalhos a respeito da temática no ensino de física brasileiro, a partir de dissertações e teses. Em sua apresentação fica clara a maior preocupação das pesquisas em investigar essa temática para o ensino médio e também para a formação de professores. O

trabalho também relata a grande concentração desses trabalhos em três universidades públicas e uma universidade privada.

Um segundo trabalho é o de Seabra, Bagdonas e Maciel (2017), os quais buscaram, em artigos científicos das principais revistas de ensino de física, trabalhos que propunham atividades didáticas de cosmologia para a sala de aula. O resultado obtido foi de que em nenhum dos 25 trabalhos houve a aplicação de atividade dentro da sala de aula do ensino médio. Apesar disso, os autores afirmam a importância destes para o planejamento de atividades e sua futura aplicação em salas de aula da Educação Básica. Além disso também recomendaram ampliação dessa revisão, a fim de investigar tais aplicações.

O trabalho de Barbosa e Leite (2019) objetivou construir, a partir de artigos, dissertações e teses, as principais justificativas para que seja efetivado o ensino de cosmologia dentro das nossas salas de aula. As autoras apontaram justificativas que perpassaram questões como a relação ciência e tecnologia, de natureza da ciência e também da percepção e do conhecimento humano em relação ao mundo, ao universo e às suas variáveis – em âmbito interdisciplinar. Também apontam a importância deste ensino para que os jovens se posicionem criticamente frente a textos que são disseminados em diversos meios de comunicação e interação. Nesse sentido, é possível extrapolar os apontamentos e afirmar que é importante conhecer a cosmologia para conhecer criticamente o nosso “mundo” e aquilo que se fala sobre ele.

E, por fim, no trabalho de Soares e Corrêa (2020), buscou-se identificar o que é pretendido pelos trabalhos que abordam a cosmologia no ensino de ciências. Os resultados indicaram maioria de trabalhos preocupada em apresentar os conhecimentos de cosmologia que até o presente momento são difundidos. Os autores perceberam que ainda é limitada a sua inserção, como observado em trabalhos anteriores (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PEREIRA; OSTERMANN, 2009; SEABRA; BAGDONAS; MACIEL, 2017).

A partir dessas exposições nos indagamos: se, de fato, a pesquisa sobre o ensino de cosmologia permanecesse em um estado ainda “precoce”, ou seja, no âmbito de apresentar os conhecimentos sobre a cosmologia como uma espécie de material de consulta, qual cosmologia está sendo apresentada para e pela área de ensino de ciências? Nesse sentido, objetivamos compreender e apresentar qual a história da cosmologia é contada em relatórios de pesquisa, revistas e eventos científicos pelo ensino de ciências brasileiro.

Para tanto, apresentaremos uma revisão bibliográfica, um Estado do Conhecimento (ROMANOWSKI; ENS, 2006) dessa história, do seguinte modo: inicialmente apresentaremos os trabalhos e quais são as suas propostas, permitindo um breve panorama, e em seguida sintetizamos a história do desenvolvimento da cosmologia e seus principais eventos históricos apresentados

pelos autores da área em quatro partes, divididas em três décadas cada, quando possível (1910-1930, 1940-1960, 1970-1990 e 2000-2010).

A metodologia e o panorama observado

Consideramos a abordagem realizada nesta revisão como majoritariamente qualitativa. Optamos por esta abordagem tendo em vista que nela teríamos a oportunidade de descrever, interpretar e reunir os trabalhos de cada um dos autores para, então, apresentar, enquanto um único texto, a história da cosmologia no Brasil até a década passada. Denominamos a pesquisa como “Estado do Conhecimento” (ROMANOWSKI; ENS, 2006), situada dentro dos estudos do tipo revisão bibliográfica.

Amparados por este referencial, optamos por buscar trabalhos publicados na Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), revistas científicas qualis A1, A2, B1 e B2 (quadriênio 2013-2016), bem como nas atas de eventos de amplitude nacional, a saber: Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação e em Ciências (ENPECs), Encontros de Pesquisa em Ensino de Física (EPEFs) e Simpósios Nacionais de Educação em Astronomia (SNEAs). Assim, a busca por trabalhos ocorreu nos seguintes repositórios (Quadro 1):

Quadro 1 - Fontes utilizadas nas buscas.

Base da busca	
Biblioteca Digital Brasileira de Dissertações e Teses (BDTD)	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)	Revista Brasileira de Ensino de Física
Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)	Revista Brasileira de História da Ciência*
Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA)	Revista Brasileira de Informática na Educação
Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Revista Ciência & Educação
Caderno CEDES	Revista Ciência e Cultura
Cadernos de Pesquisa (Fundação Carlos Chagas)	Revista Ciência e Ensino**
Cadernos de Saúde Pública	Revista de Educação, Ciências e Matemática
Educação e Pesquisa: Revista da Faculdade de Educação USP	Revista de Ensino de Engenharia
Educação & Sociedade: Revista de Ciência da Educação	Revista Educação & Realidade
História, Ciência e Saúde (Manguinhos)	Revista Experiências em Ensino de Ciências
Kriterion: Revista de Filosofia	Revista Investigações em Ensino de Ciências
Revisa Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	Revista Pesquisa em Educação Ambiental
Revista Acta Scientiae	Revista pro-posições
Revista Alexandria: Educação em Ciência e Tecnologia	Revista Química Nova na Escola
Revista Brasileira de Educação	Revista Zetetiké

Fonte: Do autor (2021).

Utilizamos as palavras “cosmologia”, “astrofísica”, “astronomia”, “história da ciência” e “episódio(s) histórico(s)” como indexadores, sem quaisquer filtros que limitassem as partes dos trabalhos nas quais estas palavras poderiam estar. Consideramos todos os trabalhos publicados desde a criação dos eventos e das revistas e toda a produção publicada na BDTD até o ano de 2019.

A partir dos títulos dos trabalhos, arquivamos um total de 67 produções (26 entre dissertações e teses, 10 trabalhos completos publicados nos anais dos ENPECs, 11 nos EPEFs, 6 nos SNEAs e 14 artigos publicados em revistas científicas). Após leitura de seus respectivos

resumos chegamos a um segundo número de artigos possível e que fazia uso da história da cosmologia moderna: 23 trabalhos considerados possíveis (7 entre dissertações e teses, 5 trabalhos completos publicados nos anais dos ENPECs, 5 nos EPEFs, 1 nos SNEAs e 5 artigos publicados em revistas científicas).

Após ler os trabalhos na íntegra, dando especial atenção aos possíveis tópicos e capítulos que apresentavam a história da cosmologia, chegamos ao número final referente ao escopo desta revisão, perfazendo 15 publicações, sendo 4 deles apresentados no ENPEC e 2 no EPEF. Outros 3 artigos são publicações em revistas científicas e 6 são relatórios de pesquisa, 5 são dissertações e 1 é tese. O Quadro 2 sintetiza essas informações:

Quadro 2 - Escopo final do levantamento.

Autor(es)	Título do trabalho	Local de publicação
Arthur (2010)	Cosmologia Moderna à luz dos elementos da Epistemologia de Lakatos	BDTD (Dissertação)
Henrique (2011)	Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia	BDTD (Dissertação)
Prediger (2018)	Spinoza, Universo e Ensino de Ciências: Análise Crítica Dialética da Concepção Spinozista da Natureza na Abordagem do Surgimento do Universo para o Ensino de Ciências	BDTD (Dissertação)
Skolimowski (2014)	Cosmologia na prática e na teoria: possibilidades e limitações no ensino	BDTD (Dissertação)
Strehl (1996)	Ciência e Religião: Implicações do diálogo entre duas visões de mundo no Ensino de Cosmologia	BDTD (Dissertação)
Kantor (2012)	Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural	BDTD (Tese)
Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2018)	O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
Arthur e Peduzzi (2013)	A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos: Recepção de um texto para graduandos em física	Revista Brasileira de Ensino de Física
Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2012)	Quem descobriu a expansão do universo? Disputas de prioridade como forma de ensinar cosmologia com uso da história e filosofia da ciência	Revista Brasileira de Ensino de Física
Neves et al. (2005)	Uma discussão sobre o mapeamento conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea	V ENPEC
Arthur (2009)	A Cosmologia Moderna à luz dos elementos da Epistemologia de Lakatos	VII ENPEC
Henrique e Silva (2009)	Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: o Universo teve um começo ou sempre existiu?	VII ENPEC
Gurgel et al. (2013)	O Ensino sobre a Natureza da Ciência através de Tópicos de Cosmologia: Análise de uma Proposta Didática Utilizando Jogos	IX ENPEC
Henrique e Silva (2010)	Relações entre a ciência e religião na formação de professores: estudo de caso sobre uma controvérsia cosmológica	VII EPEF
Ramos e Bagdonas (2014)	George Gamow, um cientista fanfarrão e suas contribuições para o ensino de física	XIV EPEF

Fonte: Do autor (2021).

Durante o processo de fichamento dos trabalhos levantados observamos certa recorrência na autoria dos trabalhos. Isto nos indica uma exploração restrita da temática no ensino de ciências brasileiro quanto aos principais pesquisadores que a esta temática se debruçam. A maioria dos trabalhos (ARTHURY, 2009; BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2012; HENRIQUE; SILVA, 2009; KANTOR, 2012; PREDIGER, 2018; RAMOS; BAGDONAS, 2014; SKOLIMOSKI, 2014; STREHL, 1996) foi considerada como de natureza teórica, de modo que apresentavam determinados episódios históricos da cosmologia e em seguida propunham possibilidades para o ensino de ciências. Trabalhos que buscaram implementação efetiva de propostas didáticas estavam mais concentrados na formação de professores, seja ela inicial ou continuada (ARTHURY, 2010;

ARTHURY; PEDUZZI, 2013; HENRIQUE, 2011; HENRIQUE; SILVA, 2010; NEVES et al., 2005). Somente dois dos quinze trabalhos realizaram intervenções em sala de aula na educação básica (BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2018; GURGEL et al., 2013), conforme observado no Quadro 3.

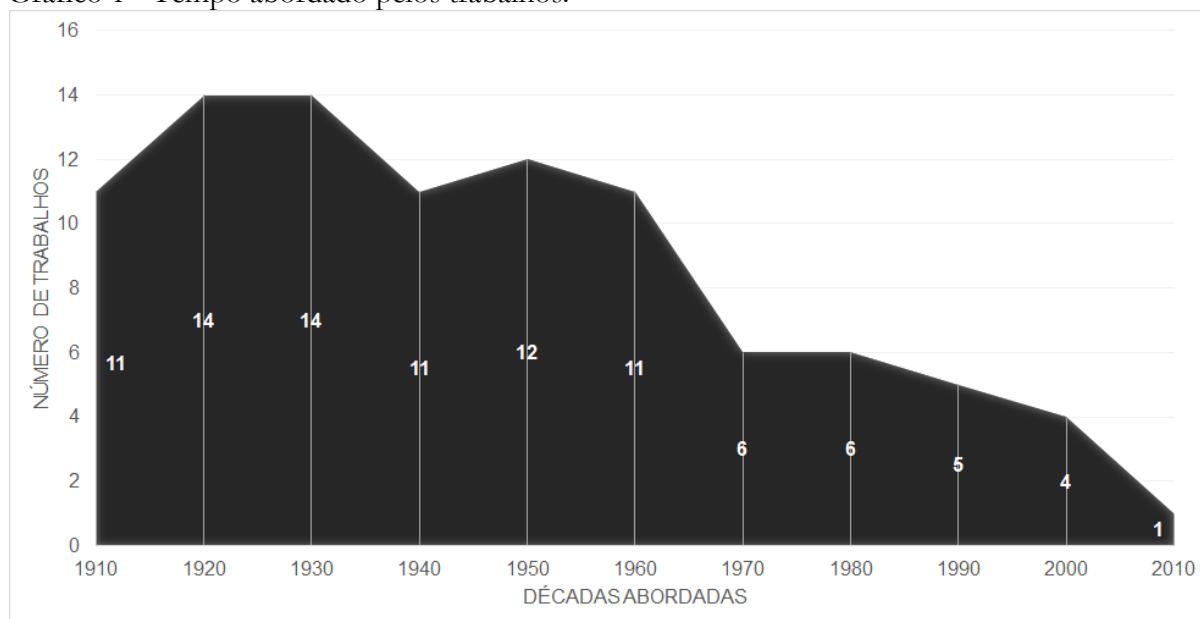
Quadro 3 - Natureza dos trabalhos localizados.

Autor(es)	Proposta do trabalho	Hist. abordada
Arthur (2009)	Abordagem Teórica	1920-2000
Bagodonas, Zanetic e Gurgel (2012)	Abordagem Teórica	1910-1930
Henrique e Silva (2009)	Abordagem Teórica	1920-1960
Kantor (2012)	Abordagem Teórica	1910-1990
Prediger (2018)	Abordagem Teórica	1910-1960
Ramos e Bagdonas (2014)	Abordagem Teórica	1910-1960
Skolimowski (2014)	Abordagem Teórica	1910-2010
Strehl (1996)	Abordagem Teórica	1910-1990
Bagodonas, Zanetic e Gurgel (2018)	Atividade na Educação Básica	1910-1930
Gurgel et al. (2013)	Atividade na Educação Básica	1910-1930
Arthur (2010)	Formação de Professores	1910-2000
Arthur e Peduzzi (2013)	Formação de Professores	1920-2000
Henrique (2011)	Formação de Professores	1910-1950
Henrique e Silva (2010)	Formação de Professores	1950-1960
Neves et al. (2005)	Formação de Professores	1910-1960

Fonte: Do autor (2021).

Quando observamos o tempo histórico dos trabalhos, inicialmente pelo Quadro 3, percebemos a preferência em abordar as primeiras décadas do desenvolvimento da Cosmologia Moderna, enquanto décadas contemporâneas são pouco abordadas pelos autores. No Gráfico 1 observamos esta relação entre os trabalhos levantados e as décadas por eles abordadas.

Gráfico 1 - Tempo abordado pelos trabalhos.



Fonte: Do autor (2021).

Quase todos os trabalhos abordam as décadas de 1920 e 1930, a primeira que pode ser considerada como a do surgimento do campo, e a segunda da efervescência de constantes debates que viriam a seguir. É possível observar a gradual redução da quantidade de trabalhos conforme nos aproximamos da contemporaneidade, chegando à década passada com apenas um trabalho. Na seção seguinte buscamos sintetizar os episódios discutidos e/ou analisados pelos autores dos trabalhos a fim de apresentar qual a História da Cosmologia Moderna é contada pelos pesquisadores brasileiros do ensino de ciências.

Das bases aos modelos (1910-1930)

Em Kantor (2012) é dito que a cosmologia moderna iniciou o seu desenvolvimento a partir das contribuições dos estudos da teoria da Relatividade Geral que estabelecera novas bases para (re)interpretarmos fenômenos relacionados à gravidade. Em Skolimoski (2014) é destacado que a primeira cosmologia relativística é oriunda do próprio sintetizador da Relatividade Geral, Albert Einstein (1879-1955) e que:

[...] 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 (SKOLIMOSKI, 2014, p. 95).

Na teoria da relatividade geral a gravidade, que antes era considerada uma ação à distância, passa a ser entendida como uma deformação no espaço-tempo causada por características intrínsecas da matéria presente no universo. Entretanto, conforme descrito em Henrique (2011), para o modelo cosmológico de Einstein essa deformação descrita pela teoria resultaria em um problema já conhecido pelos seus antecessores: o da estabilidade do universo. Neste suposto, a presença de matéria causaria colapso em um determinado ponto do universo, uma vez que a matéria implica uma influência gravitacional entre todos os corpos nele presentes (ARTHURY, 2010).

Para contrabalançar teoricamente o iminente colapso, Einstein teria proposto um termo conhecido como constante cosmológica, representada por λ (lambda), que realizaria uma espécie de repulsão da gravidade, mantendo o universo em equilíbrio (PREDIGER, 2018). Desse modo, o então universo proposto por Einstein possuía uma estrutura estática, finita, mas limitada (HENRIQUE, 2011).

Naquele contexto o físico gostaria de preservar o princípio de Mach, o qual “[...] 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” (SKOLIMOSKI, 2014, p. 97). Entretanto, a inclusão providencial desse termo que manteve o universo teoricamente estático não foi bem aceita

na ocasião, ainda que um universo aparentemente estático exigisse, em certa medida, que essa constante fosse considerada para uma adequada interpretação.

Em determinados trabalhos aqui revisados aparece a afirmação de que Einstein considerou a inserção da constante cosmológica um dos maiores erros de sua vida. Entretanto, em Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2018) é dito que o personagem que relatou essa afirmação, George Gamow (1904-1968), pode ter exagerado nos termos que utilizou. Eles afirmam que não há documento que possa corroborar com essa declaração. A constante cosmológica se manteve como algo a ser investigado e considerado por ele e por outros cientistas ainda como parte do escopo de temas a serem discutidos e considerados em pesquisas cosmológicas (ZANETIC; GURGEL, 2018).

Aproximadamente um ano após Einstein publicar a sua cosmologia, Willem de Sitter (1872-1934), cientista holandês, sugeriu uma outra interpretação: nela, o universo seria estático e finito, mas sem matéria (HENRIQUE, 2011). Isto porque nessa interpretação ele considerou a densidade do universo muito pequena, tendendo a zero. O astrônomo propôs a manutenção de um universo estático por meio da constante cosmológica, porém acrescentou a ideia de que, quando espalhadas aleatoriamente no universo, as partículas teriam uma velocidade de afastamento que aumentaria conforme se distanciam (HENRIQUE, 2011).

Esse fenômeno ficou conhecido como efeito de Sitter. No entanto, ele não interpretou esse efeito como se os corpos estivessem realmente se afastando por causa da expansão do espaço. Para ele isso era um resultado particular da métrica do espaço-tempo descrevendo esse tipo de universo (HENRIQUE, 2011, p. 74).

Sitter foi um dos primeiros cientistas a utilizar observações astronômicas no estudo de modelos cosmológicos (BAGDONAS; ZANEITC; GURGLE, 2018). O efeito de Sitter possibilitava a interpretação dos desvios espectrais para o vermelho que eram identificados em nebulosas. Se as partículas, soltas aleatoriamente no universo, se espalham, esperava-se que, devido ao Efeito Doppler, as linhas do espectro dos elementos químicos que compunham esses sistemas se deslocassem para o vermelho, indicando, assim, uma velocidade de afastamento.

No contexto da Primeira Guerra Mundial, Willen de Sitter, que tinha muito prestígio na comunidade científica, foi fundamental na disseminação da teoria da Relatividade Geral para os países de língua inglesa, uma vez que antes ela estaria limitada à Alemanha, onde Einstein vivia (HENRIQUE, 2011). Com o fim da guerra em 1920 e o conhecimento da Relatividade Geral em outros países da Europa, cientistas como Alexander Friedmann (1888-1925), Georges-Henri Lemaître (1894-1966), Arthur Eddington (1882-1944), Howard Robertson (1903-1961) e Richard Tolman (1881-1948) ingressaram modelos cosmológicos na área e propuseram interpretações que consideravam um universo dinâmico (ARTHURY, 2010).

Em Skolimoski (2014) destaca-se que os modelos propostos por Friedmann eram preponderantemente matemáticos e seu principal objetivo seria explorar a variedade de possibilidades que a constante cosmológica permitia¹. Na concepção do cientista, a densidade do universo na equação de Einstein da constante cosmológica teria caráter elementar para compreender a estrutura e desenvolvimento do universo.

Em Prediger (2018), observamos que Friedmann publicou somente um de seus modelos, o de um universo crítico. O avaliador de seu trabalho teria sido Einstein, que o criticou apontando erros em seu escrito. Entretanto, após carta escrita pelo próprio Friedmann e conversas com Yuri Krutkov (1890-1952), ele teria publicado uma nova nota, de aprovação ao seu trabalho, ainda que considerasse não haver uma interpretação física daquilo que era proposto.

Uma série de trabalhos relataram que, de forma curiosa, em paralelo e sem tomar conhecimento dos trabalhos de Friedmann, o cientista e padre belga Georges-Henri Lemaître também propôs um modelo de universo em expansão (ARTHURY, 2009; 2010; BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2012; HENRIQUE, 2011; KANTOR, 2012). Assim o fez após ter estudado nos Estados Unidos com cientistas que viriam a dar contribuições importantes para a astrofísica e a cosmologia, principalmente no campo observacional a partir do estudo de nebulosas, como Edwin Hubble (1889-1953) e Harlow Shapley (1885-1972) (HENRIQUE, 2011).

Vale aqui ressaltar que esses trabalhos observacionais investigavam a natureza de nebulosas. Na época, a comunidade científica chegou à conclusão de que algumas delas, especialmente as em espiral, eram sistemas estelares que passaram a ser denominadas como galáxias (KANTOR, 2012). Essa época é fundamental ao desenvolvimento de modelos mais bem fundamentados sobre o universo. Isto também se deve à aproximação entre a comunidade de astrônomos que realizavam trabalhos observacionais e os físicos e matemáticos que realizavam trabalhos específicos sobre a Relatividade Geral, antes afastados (HENRIQUE, 2011).

O contato com cientistas nos Estados Unidos, mas também com outros como Ludwig Silberstein (1872-948) e Vesto Slipher (1875-1969), podem ter inspirado os trabalhos de Sitter e contribuíram na atribuição de um “sentido físico” a eles (BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2012). Haveria uma contribuição clara dos estudos de Hubble para a interpretação de um universo em expansão, mas que esse trabalho fora há muito realizado também pelos cientistas supracitados, especialmente Lemaître, considerando equivocada a ideia de falar em descoberta do universo em expansão em 1929 por parte do cientista americano.

O primeiro modelo proposto por Lemaître, em 1925, teria sido uma reinterpretação dos trabalhos de Sitter, mas considerando um universo finito e com quantidade de matéria não-nula (HENRIQUE, 2011). Dois anos após essa primeira publicação, Lemaître publicara outro modelo,

agora baseado nos trabalhos cosmológicos de Einstein, propondo um universo em expansão que explicava fisicamente o desvio espectral de galáxias.

Professor e orientador britânico de Lemaître, Arthur Eddington apoiou o seu modelo que ficou famoso entre os cientistas da época devido à interpretação dos resultados obtidos nas observações de Edwin Hubble. Descrito em Strehl (1996) como “Eddington-Lemaître” o trabalho é:

[...] um modelo que não leva em conta o Big-Bang e inclui a constante cosmológica. O grande problema desse modelo, foi a tentativa de levar em conta a expansão do Universo dentro do Universo estático. Eddington acreditava que, quando a matéria começasse a se condensar em galáxias, uma força de repulsão forçaria o Universo a se expandir (STREHL, 1996, p. 55).

O apoio de um físico renomado como Eddington impulsionou a sua apreciação por parte da comunidade científica (SKOLIMSOKI, 2014). Esse apoio seria filosoficamente motivado pela repulsa que ele tinha à ideia de uma “criação do universo”. Ele durou o tempo que Lemaître se mantivera fiel à sua proposta pois, enquanto padre, ele teria percebido as implicações de seu trabalho da não-existência de um Criador para o universo propondo, assim, um novo modelo em 1931² (SKOLIMOSKI, 2014). Sobre essa possível influência religiosa nos trabalhos de Lemaître, Henrique (2011) chama a atenção para a existência de versões alternativas na história da ciência. Segundo o autor, há relatos de que Lemaître assumia naquele contexto uma publicamente uma posição de que ciência e religião serviam a propósitos diferentes.

Lemaître denominaria seu novo modelo como o do “Átomo Primordial” que, conforme Arthury (2010), possivelmente foi influenciada por trabalhos já desenvolvidos na mecânica quântica, o que é corroborado por uma citação *ipsis litteris* apresentada por Henrique e Silva (2010):

Eu estou inclinado a pensar que o estado atual da teoria quântica sugere um começo do mundo bem diferente da atual ordem da natureza. (...) podemos conceber o universo na forma de um único átomo, cujo peso atômico é dado pela massa total do universo. Este átomo altamente instável, teria começado a se dividir, fragmentado em pedaços cada vez menores numa espécie de super processo radioativo (LEMAÎTRE, 1931, apud HENRIQUE; SILVA, 2010, p. 8).

Autores que abordaram os trabalhos e contribuições de Friedmann e Lemaître consideram que o primeiro propôs a possibilidade de “um universo em expansão”, enquanto o segundo propôs “a expansão do universo” sendo, deste modo, um dos precursores da teoria do Big Bang como a conhecemos hoje (ARTHURY, 2010; HENRIQUE, 2011). Vislumbramos que naquele momento havia uma série debates de várias ordens que implicavam na compreensão de um modelo para o universo.

Em Kantor (2012) é descrito um posicionamento mais “objetivo”: a escolha entre os modelos dependia do conhecimento de características que naquela época eram pouco precisas

sobre o universo. Desse modo, se faz perceptível que a aproximação entre as áreas da cosmologia, da astrofísica e astronomia promoveram uma melhor orientação dos trabalhos desenvolvidos, uma vez que permitiram evidências que corroboraram determinados modelos cosmológicos. Essa aproximação também ocorreria nas décadas seguintes, entre a física quântica e a cosmologia.

O embate das teorias (1940-1960)

A ideia de um universo dinâmico discutida nas décadas anteriores (1920 e 1930) recebe essas novas contribuições, da física de partículas, a partir dos estudos cosmológicos como os do bem-humorado cientista George Gamow (RAMOS; BAGDONAS, 2014). Se o modelo de Lemaître é considerado um dos precursores da teoria do Big Bang, o modelo proposto pelo físico de origem ucraniana é um dos primeiros a receber este nome. Esse nome fora dado por Fred Hoyle (1915-2001), cientista que propusera um modelo de universo estacionário, tinha a intenção de depreciar a teoria proposta por Gamow (KANTOR, 2012).

Henrique (2011) descreve que na teoria proposta por Gamow o universo teria um início muito quente e denso, no qual toda a matéria estaria comprimida em algo como um gás de nêutrons e fótons. Conforme expansão dessa espécie de gás ocorria, os nêutrons dariam origem a prótons e elétrons devido ao decaimento beta da partícula. Em um estágio ainda precoce dessa expansão, os fótons com muita energia não permitiriam a criação de matéria em um estado mais elaborado, como em átomos. Isto pois, quando elétrons e prótons se aproximavam, os fótons interagiriam com os elétrons, impedindo a sua formação (SKOLIMOSKI, 2014). Com o tempo, esse “gás” se expandiu, se tornou menos quente e denso permitindo essas formações. Para Henrique (2011, p. 85):

O modelo de Gamow tinha muitos aspectos em comum ao modelo do átomo primordial de Lemaître: 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.

O modelo propunha que os núcleos atômicos foram se formando pela fusão de partículas subatômicas e depois deram origem a elementos como o Hidrogênio que, por contínua fusão, deram origem a átomos de Hélio, criando, deste modo, a maior quantidade de matéria “visível” que conhecemos (SKOLIMOSKI, 2014). Já no final da década de 1940, Gamow e Ralph Alpher (1921-2007) publicaram junto com Hans Bethe (1906-2005) o artigo alfabético³, no qual fora apresentado tal modelo (RAMOS; BAGDONAS, 2014). Skolimoski (2014) ressalta que um dos problemas desse trabalho é que ainda que o modelo explicasse a existência de elementos químicos como o Hidrogênio e o Hélio no nosso universo, existia uma grande variedade de elementos químicos que não foram abarcados e continuavam sem explicação de sua existência.

Junto com outro físico americano, Robert Herman (1914-1997), Alpher propôs, a partir de estudos de Friedmann, uma possível radiação que seria um resquício do processo de expansão do universo e da sua formação de átomos. Na proposição, a radiação seria equivalente à de um corpo negro que possuiria uma temperatura de 5 K (ARTHURY; PEDUZZI, 2013).

Além do problema dos elementos químicos pesados que a teoria do Big Bang não suportaria, o modelo até aquele momento proposto por estes colaboradores sofria de outro que possuía um argumento simples: o universo não pode ser mais novo que algo que está contido nele. Esse argumento e sua sensatez recaiam sobre os modelos de Lemaître e Gamow devido ao valor obtido para a constante de Hubble naquela época (HENRIQUE, 2011). Naquele contexto estimava-se, a partir da constante, que o universo teria uma idade de 2 bilhões de anos, enquanto Terra teria pelos menos o dobro disso.

Gamow sugeriu uma solução de Lemaître para esse problema, que configuraria o modelo cosmológico com uma espécie de aceleração da expansão. Outra opção, dada pelo próprio Gamow, seria a escolha pela “teoria rival” à sua. Essa teoria, rival do Big Bang, é a do Estado Estacionário, publicada em 1948 (HENRIQUE, 2011). Kantor (2012) descreve que ela foi criada por um trio de pesquisadores de Cambridge, na Inglaterra: Fred Hoyle, Hermann Bondi (1919-2005) e Thomas Gold (1920-2004). Henrique (2011) complementa que, segundo a história contada, existiram diversos modelos de um universo em Estado Estacionário, mas este foi o que ficou mais famoso – separado em dois artigos, um de Hoyle e outro de Bondi e Gold.

A teoria do Estado Estacionário mantinha a ideia de um universo em expansão, mas tendo ele uma aparência relativamente igual, não importando para onde nós olhássemos, deveria haver um fator que preservasse a uniformidade experimentada nas observações feitas pelos astrônomos.

A teoria fazia uso de um pressuposto: de que não haveria lugar especial no universo. Ou seja, o universo deve ser homogêneo, a sua distribuição de matéria, sua densidade média deveria ser igual em toda a sua extensão. Além disso ele também deveria ser isotrópico, não importa a direção em que se olhe, observar-se-ia uma aparência semelhante. Entretanto, a teoria do Estado Estacionário proposta por Hoyle, Bondi e Gold vai além e considera um princípio cosmológico perfeito (HENRIQUE, 2011), no qual o universo sempre foi isotrópico e homogêneo. Ele sempre⁴ foi como está hoje.

Em Henrique (2011), o princípio cosmológico perfeito fora admitido pelos cientistas por questões filosóficas, tendo em vista que o universo não poderia mudar sem que se alterassem as leis da física. Prediger (2018) destaca que a teoria do Estado Estacionário e outras também surgiram pela não aceitação de um início para o universo que tem em si uma questão filosófica. Pela teoria do Big Bang, nós nunca poderíamos acessar informações sobre a origem do tempo, além da

possibilidade de morte do universo (SKOLIMOSKI, 2014). Um universo eterno, sem começo e fim, parecia uma ideia mais aceitável para alguns dos cientistas⁵.

Os debates a respeito das teorias do Big Bang e do Estado Estacionário perpetuaram-se por toda a década de 1950⁶, e no começo de 1960 ganharam um novo capítulo. Isto pois, conforme descreve Arthur (2010), o físico Robert Dicke (1916-1997) liderava uma equipe que tinha como objetivo detectar e medir a radiação, proposta por Alpher e Herman em 1948. A previsão da temperatura equivalente para essa radiação havia já se alterado de 5K para 3K, devido aos recentes trabalhos da ocasião (ARTHURY, 2010). Entretanto, dois radioastrônomos, sem querer, teriam se adiantado ao trabalho da equipe e detectado um ruído de fundo que chegava até sua antena, independente para onde a apontassem (KANTOR, 2012).

Os radioastrônomos Arno Penzias (1933-) e Robert Wilson (1936-) trabalhavam numa empresa de telecomunicações quando detectaram essa radiação na faixa das micro-ondas em torno de 3 K (ARTHURY, 2010). O autor descreve que os dois foram aconselhados por um colega a procurar Dicke, pois ele acreditava que esse ruído tinha uma origem cosmológica. Henrique (2011) descreve que depois de procurar Dicke, Penzias e Wilson publicaram em 1965 um artigo com físicos de Princeton sobre o que haviam detectado e, em seguida, Dicke e o físico canadense James Peebles (1935-) realizaram a interpretação cosmológica daquilo que seria conhecido como “radiação cósmica de fundo”.

Henrique e Silva (2009) apontam que os valores previstos para a temperatura equivalente da radiação cósmica de fundo pela teoria do Estado Estacionário eram muito mais próximos do que aquelas propostas pelos colaboradores da teoria do Big Bang. Apesar disto, a interpretação física deste ruído se mostrou mais favorável àquela dada pela segunda teoria, que estabelecera ela como algo que permeia todo o espaço-tempo de modo que, essencialmente, toda a matéria estava lá quando o universo se expandiu. Ela não é, portanto, algo que passa por ele, mas sim, parte dele (SKOLIMOSKI, 2014).

Os problemas do Big Bang (1970-1990)

A década de 1970 foi apresentada como aquela de uma busca observacional incessante por informações oriundas do cosmos. É a década na qual se tem menos referências a trabalhos teóricos nos estudos aqui revisados. Nessa época, a radiação cósmica de fundo, que fora interpretada como uma evidência que corroborava com a teoria do Big Bang, era considerada um elemento que carecia de maior estudo. Essa década e outras que viriam a seguir foram tempo de “[...] se concentrar em equipamentos cada vez mais precisos e sensíveis como o intuito de verificar as pequenas variações

previstas para a radiação, resultado de diminutas dobras na estrutura do espaço-tempo do universo primevo” (ARTHURY, 2010, p. 79).

Apesar do problema da idade do universo - aquele no qual a idade de qualquer coisa dele não pode ser mais velha que ele próprio - já tivesse sido satisfatoriamente resolvido duas décadas atrás pelo astrônomo Walter Baade (1893-1960) (HENRIQUE, 2011), outras questões propostas pela teoria do Big Bang permaneciam em aberto. Em uma delas, a teoria previa localidades mais densas, berços de galáxias e aglomerados estelares, por exemplo que, conforme ocorreria a expansão do universo, causariam variações naquilo que era detectado como radiação cósmica de fundo (STREHL, 1996). Passaram-se mais de vinte anos, com cientistas, aporte financeiro e tecnológico envolvidos, até que fosse possível a detecção de flutuações no sinal da criação do universo.

Neste meio tempo, conforme descreve Kantor (2012), o cientista Alan Guth (1947-) propôs a teoria do Universo Inflacionário. O físico americano, em 1981, tinha como base a ideia de que não só o espaço passou a existir a partir da expansão, mas também a matéria. Nesta teoria, de forma semelhante à do Big Bang, após o resfriamento do universo apareceram situações mais favoráveis à formação de matéria em formas mais complexas que se agruparam em nuvens, dando origem a galáxias e outros astros menores (KANTOR, 2012). Em Skolimoski (2014) é descrito que Guth partira inicialmente de discussões sobre uma partícula que hipoteticamente seria um monopólio magnético com origem, segundo a teoria da grande unificação, em uma situação em que forças eletromagnéticas, nuclear forte, nuclear fraca e gravidade estavam unificadas em princípio, e no princípio da incerteza de Heisenberg.

Na proposta do cientista americano o universo seria menor do que aquele proposto pela teoria do Big Bang de forma que partículas de luz interagiriam com todas as suas partes. Depois de uma expansão ele decorreria de uma superexpansão na qual a luz já não conseguiria mais realizar tal interação, as forças elementares se separariam e o universo resfriaria (SKOLIMOSKI, 2014). As grandes estruturas do universo seriam explicadas, nesta teoria, devido às pequenas flutuações quânticas que depois da expansão seriam uma espécie de molde de proporções galácticas “[...] formando uma espécie de topografia universal, onde posteriormente a massa se aglomerou para dar origem a megaestruturas” (SKOLIMOSKI, 2014, p. 136).

Os autores (ARTHURY, 2009; 2010; HENRIQUE, 2011; SKOLIMOSKI, 2014; STREHL, 1996) descrevem que somente no início da década de 1990 foram detectadas as variações da radiação cósmica de fundo. Para isto, foi necessário o lançamento de um satélite à órbita da Terra, carregando um espectrômetro para detectar essas variações (STREHL, 1996). Os resultados

dessas medições foram apresentados em 1992, pelos cientistas americanos George Smoot (1945-) e John Mather (1946-) (HENRIQUE, 2011).

Vale destacar: Henrique (2011) explica que a grande euforia de alguns cosmólogos não garante fator de prova experimental às medidas realizadas pelo Cosmic Background Explorer (COBE) e por outros experimentos. Arthur e Peduzzi (2013) destacam que essa ideia de prova, enquanto algo que encerra uma discussão, não é o que se deseja, mas que as observações realizadas tanto nessas décadas como nas sucessoras são possivelmente corroborações da teoria, que dão confiança para a comunidade continuar o seu trabalho sob a tutela de determinado domínio.

Além disso, em 1993 Fred Hoyle, em conjunto com outros dois cientistas, Geoffrey Burbidge (1925-2010) e Jayant Narlikar (1938-), reformularam o modelo do Estado Estacionário para outro, Quase Estacionário, explicando de forma diferente a criação de matéria e a interpretação da radiação cósmica de fundo. Haveria criação de matéria de forma brusca, em uma espécie de pequenos Big Bangs, impulsionando a expansão do universo⁷ no qual o que compensaria essa criação espontânea seriam campos de energia negativa conservando, assim, a energia dele (SKOLIMOSKI, 2014).

Nessa mesma década uma outra entidade também passou a ser discutida e examinada pela comunidade científica: a energia escura. Isto porque as sucessivas observações de grandes estruturas apontavam para um processo de expansão acelerado do universo (KANTOR, 2012). Desse modo, deveria haver algum ente físico que proporcionasse, para além da expansão, tal aceleração. Para explicar essa aceleração, em 1998 foi proposta a energia escura. Ela, assim como a matéria escura, não interagiria com a luz. Entretanto em vez de ter uma ação gravitacional comum, teria uma interação repulsiva.

Nosso futuro em aberto (2000-2010)

Logo no começo dos anos 2000 os dados obtidos por meio de outro satélite, o WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), permitiram uma maior sustentação ao modelo do Big Bang (ARTHURY; PEDUZZI, 2013). Em tese, essa nova contribuição “ao menos nos regozija em saber o quão perto podemos chegar, com nossas teorias, de um efetivo entendimento do universo” (ARTHURY, 2009, p. 10). Além desse, em 2009 a sonda espacial “Planck” foi enviada para realizar mais experimentos que durariam até o ano de 2011.

Enquanto o WMAP tinha como um de seus objetivos verificar as polarizações na radiação cósmica de fundo, a sonda Planck fora construída para obter dados que pudessem melhorar a precisão das medidas da radiação cósmica de fundo (ARTHURY, 2009). Skolimoski (2014) descreve que, além dessa melhor precisão, os estudos realizados a partir dos dados da sonda

indicaram valores percentuais para a matéria e a energia escuras: 28,6% e 68,3% sendo, portanto, somente 4,9% do universo passível de observação com a tecnologia atual.

Tanto a energia quanto a matéria escura continuam sendo entidades a serem estudadas mais a fundo. Para além, ela, ainda que pouco conhecida, é peça importante, pois reconhecemos que o universo se encontra em acelerada expansão.

Skolimoski (2014) observa que atualmente não há tantos questionamentos sobre a ocorrência ou não de um momento de nascimento do universo. Na teoria do Big Bang, ajustada e mais aceita, o universo teve início há aproximadamente 14 bilhões de anos, expandiu-se lentamente, depois rapidamente, e a gravidade organizou as megaestruturas devido às flutuações quânticas de seu estado inicial. Entretanto, existem problemas ainda em aberto no modelo cosmológico padrão que tem origem décadas atrás, além disso há também outras teorias que interpretam as observações das décadas passadas de outro modo.

Um exemplo desses “problemas” ainda sem solução satisfatória foi descrito pela própria autora (SKOLIMOSKI, 2014), quando descarta a presença de um modelo Quase Estacionário, concorrente à interpretação de nascimento e desenvolvimento do universo. Ainda que essa teoria não tenha uma quantidade elevada de apoiadores atualmente, ela se vale de inconsistências da teoria do Big Bang, além de não precisar justificar a presença de energia escura, tendo em vista que a própria criação da matéria faria com que a expansão ocorresse. Deste modo nosso futuro permanece em aberto ao menos em dois sentidos ontologicamente diferentes, mas ainda sim intimamente relacionados.

A cosmologia, enquanto uma ciência em pleno desenvolvimento, ainda poderá ter períodos revolucionários, mudando parcialmente ou totalmente o curso de pesquisas espalhadas pelo mundo. Neste sentido, mesmo que as pesquisas caminhem em certa direção, majoritariamente sob o domínio de um determinado modelo, jamais arriscaríamos afirmar que esse modelo perdurará ileso, *ad eternum*. O outro sentido, causa direta do primeiro, é da certeza que jamais saberemos, em absoluta verdade, o futuro que nos espera. Ainda que ele já tenha sido traçado no curso natural do cosmos ele permanecerá eternamente em aberto para nós.

Últimas considerações

No contexto atual consideramos que um estado do conhecimento, majoritariamente contido na esfera teórica e na discussão de episódios históricos em cursos universitários e de pós-graduação, deve apontar para duas possibilidades não excludentes a respeito do tema. A primeira delas é a possível emergência do tema no contexto brasileiro, no qual os trabalhos pretendem ainda

constituir a cosmologia e a sua história que é contada por outros autores (historiadores, especialmente).

A segunda é a grande preocupação em promover uma formação docente que permita que esses tópicos sejam abordados na educação básica, futuramente. Essa preocupação, inclusive, é relatada por um dos autores, Arthury (2009), que percebeu que os alunos de graduação, participantes de sua pesquisa, tiveram pouco contato com temas da cosmologia durante a sua formação, apesar do grande nível de interesse que apresentaram durante a disciplina de História da Ciência.

Apesar da preocupação em desenvolver uma base sólida para essa área no ensino de ciências, esse cenário também reintegra considerações preocupadas, já realizadas nas duas últimas décadas, quando autores da área abordavam a (falta de) inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea nas salas de aula brasileiras (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PEREIRA; OSTERMANN, 2009). Henrique e Silva (2010), inclusive, apontam que há dificuldades na implementação da cosmologia na educação básica, especialmente porque ela não seria considerada em uma concepção utilitarista de educação científica, na qual os tópicos devem ser escolhidos de acordo com os desdobramentos práticos que podem ter na vida cotidiana dos alunos.

Enquanto na revisão de Bazetto e Bretones (2011) fora observada uma concentração dos trabalhos em determinadas universidades brasileiras, aqui pudemos observar por meio do panorama construído que existem pequenos grupos que produzem e (trans)(des)crevem a história da cosmologia para o contexto do ensino de ciências brasileiro, o que pode indicar uma exploração ainda muito prematura do tema.

Para autores aqui revisados (ARTHURY, 2010; HENRIQUE, 2011; KANTOR, 2012), olhar para o céu, pensar o universo e refletir sobre a nossa origem e existência têm marca especial no desenvolvimento humano. Fazemos coro quando concordamos que, mesmo que não tenha desdobramentos imediatos na vida das pessoas, tende a ser fascinante e permite uma visão do (nosso) mundo por meio do conhecimento científico (HENRIQUE, 2011).

Para além disto, é fundamental reunir e reiterar aqui as principais justificativas, levantadas por Barbosa e Leite (2019), a respeito do ensino de cosmologia na educação básica: a possibilidade de um ensino interdisciplinar e principalmente a possibilidade de discutir em sala de aula o desenvolvimento científico a partir de questões sobre a ciência e a tecnologia, mas também sobre a natureza do trabalho científico.

Seabra, Bagdonas e Maciel (2017) apontaram a ausência de trabalhos que buscaram a implementação de atividade didáticas na educação básica, o que também fora apontado por Soares e Corrêa (2020). Aqui, observamos um panorama semelhante, uma vez que somente três de quinze

trabalhos o realizam. Desse modo, parece haver uma manutenção daquilo observado por Ostermann e Moreira (2000) e Pereira e Ostermann (2009) em que se discute a existência de uma grande quantidade de trabalhos que podem servir como material de consulta para os professores. Todavia, consideramos que se torna cada vez mais necessário escapar do âmbito das justificativas (BARBOSA; LEITE, 2019) e caminharmos na direção de um estado de maior aplicação dessas pesquisas em sala de aula.

Sobre a história contada, dois aspectos devem ser destacados. O primeiro deles é latente a partir do Gráfico 1 de nossa segunda seção, que consiste na dificuldade em se produzir historiografias de episódios recentes. Em contato com um texto que aborda uma metodologia conhecida como História do Tempo Presente (ANDRADE, 2018), temos a oportunidade de apontar uma hipótese para essa dificuldade em escrever academicamente uma história da cosmologia contemporânea (especialmente das décadas de 1990 até 2010). O fato de os eventos históricos e seus desdobramentos ocorrerem em tempo presente ao pesquisador que os narra pode sujeitá-lo a receios, pressões e conflitos que não necessariamente ocorrem quando são eventos passados aqueles narrados.

O segundo assunto a ser destacado é a presença de episódios históricos que são controversos quando comparados às narrativas históricas de determinados autores. O mais emblemático, consideramos, é aquele que diz respeito à contribuição de Freidmann não ter significado físico e que só recentemente teria sido apresentada como falsa por um pesquisador de fora do país. Isto nos faz refletir sobre a importância de uma boa construção dessa base histórica da cosmologia que está sendo escrita atualmente no ensino de ciências e, especialmente, destaca a importância de apontar tais controvérsias na formação de docentes para que também o sejam no contexto da educação básica permitindo, assim, discussões que giram em torno da construção do empreendimento científico na sala de aula.

Consideramos necessário, ainda, dois possíveis desdobramentos futuros para esta pesquisa. O primeiro deles, que pode servir para compreender ainda mais como o Estado do Conhecimento sobre este assunto, reside no ensino de ciências, especialmente em aplicações em salas de aula, que seria investigar a temática ainda dentro de eventos regionais e aqueles que se encontram mais orientados aos professores da educação básica, a exemplo do SNEF, o que poderia modificar um pouco o panorama sobre a quantidade de trabalhos que são aplicações dentro da sala de aula. E, por fim, empreender pesquisas em trabalhos internacionais sobre o ensino de cosmologia, mas também de historiadores da ciência, que trabalham com fontes primárias para, justamente, permitir correções de possíveis mal-entendidos e confusões que são apresentadas na história da cosmologia contada aqui no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. M. de. **Controvérsias científicas acerca do aquecimento global no século XX: uma abordagem histórica de apoio para a formação de professores**. 2018.148 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2018.
- ARTHURY, L. H. M. A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009 Florianópolis, **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- ARTHURY, L. H. M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- ARTHURY, L. H. M.; PEDUZZI, L. O. Q. A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos: Recepção de um texto para graduandos em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p, 1-14, 2013.
- BAGDONAS. A. H.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Críticas à visão consensual da Natureza da Ciência e a ausência de controversas na educação científica: o que é Ciência, afinal? In: XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 14., 2012, Maresias. **Atas...** Maresias: SBF, 2012.
- BAGDONAS. A. H.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 5, p. 97-117, abr. 2018.
- BARBOSA, C. D.; LEITE, C. Cosmologia na Educação Básica: Construindo justificativas. **Revista de Enseñaza de la Física**, v. 31, n. extra, p. 29-37, nov. 2019.
- BAZETTO, M. C. Q.; BRETONES, P. S. A Cosmologia em teses e dissertações sobre ensino de Astronomia no Brasil. In: Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, 1., Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: SAB, 2011.
- GURGEL, I. et al. O Ensino sobre a Natureza da Ciência através de Tópicos de Cosmologia: Análise de uma Proposta Didática Utilizando Jogos. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9., Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013, p. 1-8.
- HENRIQUE, A. B. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da História da Cosmologia**. 2011. 261 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- HENRIQUE. A. B.; SILVA. C. C. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: o universo sempre existiu? In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009, p. 1-14.
- HENRIQUE. A. B.; SILVA. C. C. Relações entre a ciência e religião na formação de professores: estudo de caso sobre uma controvérsia cosmológica. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 7., Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia: SBF, 2010, p. 1-12.
- KANTOR, C. A. **Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural**. 2012. 141 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- NEVES, M. C. D. et al. Uma discussão sobre o mapeamento conceitual da relatividade e da cosmologia para o ensino de física moderna e contemporânea. In: Encontro Nacional de Pesquisa

em Educação em Ciências, 5., Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2005, p. 1-12.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 393-420, 2009.

PREDIGER, T. L. **Spinoza, universo e ensino de ciências: análise crítica dialética da concepção spinozista da natureza na abordagem do surgimento do universo para o ensino de ciências**. 2018. 105 f. (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

RAMOS, J. E.; BAGDONAS, A. George Gamow, um cientista fanfarrão e suas contribuições para o ensino de física. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 14., 2014, Maresias. **Atas...** Maresias: SBF, 2014, p. 1-8.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte” em educação. **Diálogo Educação**, Curitiba, v. 6, n. 19, p. 37-50, set. /dez. 2006.

SEABRA, M. E. F.; BAGDONAS, A.; MACIEL, A. M. M. A Cosmologia em artigos das principais revistas de ensino de física do Brasil. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 22., São Carlos. **Atas...** São Paulo: SBF.

SOARES, L. A. R.; CORRÊA, H. P. S. Ensino de Cosmologia e sua inserção na pesquisa em educação em ciências. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 17., Brasil. **Atas...** Brasil: SBF, 2020.

SKOLIMOSKI, K. N. **Cosmologia na teoria e na prática: Possibilidades e limitações no ensino**. 2014. 251 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

STREHL, P. L. **Ciência e Religião: Implicações do diálogo entre duas visões de mundo no Ensino da Cosmologia**. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Curso de Mestrado em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

¹ Durante a banca de defesa da dissertação que originou este trabalho, o Prof. Dr. Alexandre Bagdonas Henrique relatou que, no artigo aceito para publicação na revista *Historical Studies of Natural Sciences*, “Space-Time, Death-Resurrection, and the Russian Revolution”, o historiador da física Alexei Kojevnikov menciona que a tendência de muitos historiadores e cosmólogos de apresentar a contribuição de Friedmann como meramente matemática, e não como uma contribuição física para entender o universo real, é um erro historiográfico, que ele vem tentando corrigir em publicações recentes. O Professor Alexandre Bagdonas teve acesso a este artigo antes da publicação porque, enquanto doutorando, colaborou com o professor Kojevnikov na University of British Columbia em estudos sobre a cosmologia de George Gamow.

² Lemaître teria obtido eco na igreja católica pois, em Henrique e Silva (2010), é descrito que o Papa Pio XII na década de 1950 foi fortemente influenciado por ele. O Papa teria realizado palestras que buscavam discutir os resultados da ciência como evidências para a existência de um criador do universo (HENRIQUE; SILVA, 2010).

³ Gamow teria convidado Alpher para publicar os resultados de sua tese em formato curto em parceria com Bethe, que já o havia ajudado no passado. Assim o artigo teve como autores Alpher, Bethe e Gamow – algo que soa parecido com “Alfa, Beta, Gama” (RAMOS; BAGDONAS, 2014).

⁴ Desse modo, adiciona-se homogeneidade e isotropia do tempo. Não há lugar nem tempo especial do universo.

⁵ Hoyle, especialmente, não concordava com modelos que propunham um início para o tempo. Acreditava que visões religiosas sobre a criação do universo servem somente a pessoas dependentes de explicações divinas para a existência do universo (HENRIQUE; SILVA, 2010).

⁶ Neste tempo, o problema da idade do universo fora resolvido, conforme descrito em Henrique (2011): o cientista alemão Walter Baade percebeu erros no trabalho de Hubble, mudando o valor da constante. Essa alteração admitiu uma idade maior para o universo.

⁷ Também há um processo de contração que ocorreria quando o ciclo de expansão acabasse (20 bilhões de anos). Neste caso, a própria criação da matéria tornar-se-ia difícil, uma vez que o campo de energia negativa diminuiria, fazendo com que a gravidade dos corpos já existentes superasse a expansão promovida pelos poucos minis Big Bangs que ainda ocorreriam (ibid.).