

Notas para uma história da cosmologia entre as décadas de 1910 e 1930

Antonio Augusto Passos Videira¹ e Cássio Leite Vieira²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro e Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

²Jornalista e Doutor em História da Ciência pela UFRJ

Resumo

Uma das grandes conquistas intelectuais ao longo do século passado foi a incorporação da cosmologia – até então área de estudo marginalizada por suas vinculações com a metafísica e a teologia – ao conjunto das ciências naturais – em particular, à física e à astronomia. Neste artigo, apresentamos, em termos gerais e com linguagem apropriada ao grande público, uma das primeiras conquistas marcantes da cosmologia: a ideia de que o Universo está em expansão, a qual foi rejeitada inicialmente por aquele que é visto como criador da versão moderna desse campo, Albert Einstein. Apesar de parte da comunidade de cosmólogos à época ter visto com desconfiança ou mesmo rejeitado a visão de um universo em expansão, essa ideia foi confirmada observacionalmente pela astronomia ainda na década de 1920.

Abstract

One of the greatest intellectual achievements throughout the last century was the incorporation of Cosmology – by that time, a marginalized area due to its relation to metaphysics and theology – to the set of natural sciences – in particular, physics and astronomy. In this article, we present, in general terms and in a lay-person language, one of the first great achievements of cosmology: the idea that the universe is expanding, which was initially rejected by the one who is seen as the creator of that field, Albert Einstein. Although part of the community of cosmologists during those times usually distrusted or even rejected the view of an expanding universe, this idea was confirmed on an observational basis by Astronomy during the decade of the 20s.

Palavras-chave: história da ciência, universo em expansão, modelos cosmológicos, astrofísica, astronomia.

Keywords: history of science, expansion of the universe, cosmological models, astrophysics, astronomy.

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v3n1.36680](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v3n1.36680)

A década de 1920 é marcada por dois aspectos importantes para a história da cosmologia. O primeiro deles, fortemente ligado à comunidade de astrônomos e a seus resultados observacionais, permitiu que, pouco a pouco, fosse sendo construída a noção de que o universo era bem mais do que a Via Láctea. E que ele está em expansão, uma das maiores descobertas científicas da humanidade.

A segunda dessas correntes tem a ver com o envolvimento de teóricos – grande parte, matemáticos – com a relatividade geral. Desse interesse surgiram vários modelos, muitos deles sem que os autores tivessem a menor preocupação com uma base física, real, para os cenários que brotavam da resolução daquele conjunto de 10 equações da relatividade geral. Era um tipo de teoria pela teoria, na busca de soluções que, uma vez

obtidas, nem sempre eram confrontadas com a realidade, para ver se eram plausíveis. Portanto, muitos desses modelos foram considerados apenas abstrações matemáticas interessantes – ou esteticamente horrorosas, para alguns.

Talvez, o interesse de físicos teóricos e matemáticos tenha a ver com o grau de complexidade da teoria da relatividade para astrônomos e físicos em geral. Mas foram astrônomos, como o holandês Willem de Sitter (1872-1934) e o britânico Arthur S. Eddington (1882-1944), que adaptaram a relatividade geral para a astronomia. Este último foi responsável por um relatório de 1918 considerado muito completo, assim como por um tipo de revisão (1923) que Einstein classificou como uma “excelente apresentação” da teoria.

A partir da segunda metade da década de 1910, aos poucos, os dados observacionais astronômicos

permitiram localizar a posição do Sol em relação à nossa galáxia. De um posicionamento que se acreditava central, nossa estrela foi deslocada para longe desse ponto.

E, concomitantemente, começaram a ser estabelecidos objetos cósmicos cuja luminosidade poderia servir com um tipo de “régua” para medir distâncias com precisão – operação que sempre se mostrou muito difícil para os astrônomos. Uma dessas estruturas eram as chamadas estrelas ceifeiras, objetos de grande massa cuja luminosidade varia em períodos de tempo bem definidos. Nessa busca por uma “vela-padrão” – que progrediu bastante na década de 1910 –, vale destacar o trabalho da astrônoma norte-americana Henrietta Leavitt (1868-1921).

Os avanços do início século passado – incluindo o próprio tamanho da Via Láctea – impulsionaram o desenvolvimento da astronomia e, consequentemente, da cosmologia. A análise da luz emitida por nebulosas indicava que elas deveriam estar em movimento em relação ao sistema solar (ou Terra). E isso semeou a desconfiança de que não poderiam ser parte da Via Láctea. Com isso, voltou de forma intensa o debate sobre se nossa galáxia seria muito maior do que se acreditava ou se era apenas parte de um universo formado por “ilhas” semelhantes.

Os principais protagonistas nesse debate foram os astrônomos norte-americanos Halow Shapley (1885-1972) e Herber Curtis (1872-1942). Vale lembrar que, na década de 1920, os principais telescópios ópticos estavam instalados em território norte-americano, fazendo com que os astrônomos desse país fossem os mais capacitados para observar o céu.

Os resultados experimentais da década seguinte mostraram, por exemplo, que a então chamada Nebulosa de Andrômeda estaria a mais de 1,5 milhão de anos-luz da Terra – um ano-luz equivale a cerca de 9,5 trilhões de km. Anteriormente, a distância até Andrômeda – que, hoje, sabemos ser outra galáxia – era estimada em aproximadamente 900 mil anos-luz.

Esses dados fizeram com que grande parte da comunidade de astrônomos passasse a tender à hipótese dos universos-ilha, ou seja, a Via Láctea era apenas mais um “universo” dentro de algo muito maior. E as nebulosas espirais reforçavam essa tendência. Essa corrente estava fortemente baseada nas observações astronômicas, e a física

tinha pouco contribuído para isso.

Quase concomitantemente com o artigo de Einstein de 1917 – no qual se encontram as bases da cosmologia moderna –, de Sitter publicou seu modelo cósmico com base na relatividade geral, ou seja, achou outras soluções para o conjunto de 10 equações da relatividade. E, de certa forma, esses resultados surpreenderam Einstein, pelo fato de o cenário apresentado não parecer ter muitos vínculos com a realidade – pelo menos, com aquela em que Einstein acreditava à época.

Willem de Sitter apresentou três modelos (ou soluções das equações). Um deles chamou mais a atenção, por descrever um universo sem matéria, mas com constante cosmológica diferente de zero. Traduzindo: um universo exótico, vazio, em que o espaço-tempo se expandia. Além da expansão, outro dissabor para Einstein: o princípio de Mach parecia não valer no universo de seu colega astrofísico. Em termos simples, esse princípio (ou conjectura) alega que as leis da física são determinadas pela estrutura do universo em larga escala.

Para historiadores da área, como o dinamarquês Helge Kragh, a cosmologia do século passado orbitou em torno de um só tema: entender os universos de Einstein e de Sitter, bem como as posteriores variações desses modelos.

Certa vez, perguntado se o espaço-tempo do universo de de Sitter não contrariaria a teoria da relatividade restrita – pelo fato de o espaço-tempo, com a expansão acelerada, ter que necessariamente ultrapassar a velocidade da luz –, Einstein simplesmente respondeu que o espaço-tempo “não é uma coisa”, isto é, o limite da velocidade da luz só vale para corpos com massa.

Parece uma resposta simples, mas, do ponto de vista filosófico, a discussão sobre a materialidade (ou não) do espaço-tempo arrastou-se pelo século e até hoje é motivo de dúvida e discussão entre astrofísicos e filósofos. Einstein reafirmou várias vezes, ao longo da vida, sua crença na imaterialidade do espaço-tempo.¹

Os modelos de de Sitter se juntariam àqueles que brotariam da relatividade geral com base meramente na solução matemática das equações, sem muita preocupação com o contato com a astronomia observacional. E isso, de certa forma,

¹Esse é um tema que ainda provoca discussões que alcançam o domínio da filosofia da ciência. Um filósofo atual que se interessa muito por essa questão é o australiano John D. Norton, professor na Universidade de Pittsburgh (EUA).

reforçava a resistência da comunidade astronômica em relação à cosmologia.

Nessa linha, vale destacar os resultados obtidos, no início da década de 1920, por Alexander Friedmann (1888-1925). Neles, esse matemático e meteorologista russo detalhava, com base em uma métrica desenvolvida por ele, modelos de universos que se expandiam ou se contraíam. A diferença essencial com o modelo de de Sitter era a ausência da constante cosmológica. Para muitos, essa dinâmica do universo (contração ou expansão) não seria nem mesmo passível de observação – mas, em breve, a história mostraria que essa era uma conclusão precipitada.

Einstein atacou vigorosamente esses modelos, com argumentos equivocados. Os resultados de Friedmann – surgidos em um período em que o universo era praticamente limitado à Via Láctea e estático – foram publicados em uma revista soviética (portanto, em russo) e não chamariam a atenção da comunidade científica prontamente. Não tiveram à época grande repercussão, para além das críticas de Einstein.

Na década de 1920, dois resultados do astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953) ganhariam a atenção não só das comunidades de astrônomos, mas também do grande público: *i*) a descoberta, em 1923, de que o universo era muito mais do que simplesmente a Via Láctea; *ii*) que o universo estava em expansão (1929). Nota importante: Hubble nunca acreditou neste segundo resultado seu. E nunca afirmou isso em seus artigos ou relatórios.

A expansão do universo de de Sitter – um dos poucos físicos que conheciam bem a teoria da relatividade fora da Alemanha – foi levada a sério por Georges Lemaître (1894-1966). Em 1927, esse padre belga formulou o modelo de um universo que não só se expandia, mas também tivera um início, denominado por ele “átomo primordial”.

Para a estranheza e antipatia de colegas, a conclusão reforçava um argumento teológico: “No princípio, Deus criou os céus e a Terra”. Outra antipatia: o fato de universo ter uma idade finita, algo que era difícil de digerir para grande parte da comunidade de astrônomos e astrofísicos – e mesmo cosmólogos. Adjetivos usados à época para expressar esse desabor: “dogmatismo”, “filosófico” e “monstruoso”.

A primeira reação de Einstein foi a de sempre: desconfiança em extrapolar as equações da rela-

tividade para situações extremas – como as daquele então suposto início do universo. Einstein, depois de certa resistência, aceitou o modelo de Lemaître. Já de Sitter nunca o fez.

Após sua chegada aos EUA, em 1933, Einstein publicaria seu último artigo sobre cosmologia. A partir daí, enfatizaria outro programa científico (a unificação da gravitação com o eletromagnetismo) e abraçaria causas como paz mundial, defesa das liberdades individuais e luta contra o racismo nos EUA.

Ao tomar conhecimento dos resultados de Hubble, Einstein abriu mão do termo matemático – a sua famosa constante cosmológica, Λ (lambda) – que havia incluído à força em suas equações, com o intuito de “frear” o universo. Classificou, assim, a constante cosmológica como “o maior erro” de sua carreira. Desde 1919, ele já dizia que a inclusão dessa constante era prejudicial para a “beleza” da relatividade geral. Para ele, no entanto, três pontos eram importantes em seu modelo cosmológico de 1917: *i*) a curvatura do espaço-tempo ser positiva; *ii*) ser consistente com aquilo que pregava a relatividade geral; *iii*) ser consistente com o princípio de Mach.

Lemaître tentou convencer Einstein da necessidade da constante cosmológica – da qual, agora, o autor da relatividade geral tentava se livrar. Para o padre belga, esse parâmetro deveria ser positivo, ou seja, descreveria um universo que não só se expandia, mas faria isso de forma acelerada – essa ideia seria a conclusão mais plausível de um dos resultados astrofísicos mais importantes do fim da década de 1920, o qual aventou a constante cosmológica para explicar essa aceleração.

Einstein se referiu a seu modelo cosmológico como um “castelo imponente” construído no ar. Mais: ele acreditava que seu modelo era o único possível. Portanto, os desdobramentos seguintes – os do próprio de Sitter e, anos depois, os de Friedmann – o deixariam não só surpreso, mas também cético. Daí, ele ter classificado o modelo do colega holandês como uma “brincadeira” – mais especificamente, um modelo-brinquedo, ou seja, sem vínculos com a realidade.

Por sua vez, a lei de Hubble, como ficou conhecida, estabelece que a velocidade de afastamento de um corpo cósmico é proporcional à distância dele de certo referencial (ou sistema de referência). Matematicamente, é uma lei muito simples. Essa constante, em termos básicos, relaciona a

velocidade de afastamento de um corpo cósmico (galáxia, por exemplo) com a distância em que ela se encontra de certo referencial (a Terra, por exemplo).

A constante de Hubble dá a proporcionalidade entre essas duas grandezas (velocidade de afastamento e distância), o que pode ser entendido assim: quanto mais longe uma galáxia estiver da Terra, maior será a velocidade de afastamento dela de nós.

Nas duas ou três primeiras décadas, ela foi medida com certa imprecisão. Havia muita variação – chegava a 100% – entre os valores propostos, e isso provocou problemas na interpretação dos fenômenos cósmicos, debates acalorados – afinal, era uma grandeza importante para entender o mais novo comportamento do universo. Tudo isso teve efeitos significativos na aceitação ou não de certos modelos.

Só a partir da década de 1960, essa constante passou a ser medida de modo mais confiável, graças aos avanços tecnológicos da instrumentação científica voltada à astrofísica – mas controvérsias sobre seu valor exato persistem até hoje.

Hubble, em 1927, determinou um valor de 500 km/s por megaparsec – lembrando que cada megaparsec equivale a 3,26 milhões de anos-luz. De lá para cá, esse valor foi sendo reduzido, mas os debates em torno dele só se aqueciam. Hoje, se aceita um número quase dez vezes menor, algo em torno de 70 km/s por megaparsec. Isso quer dizer: uma galáxia a 1 megaparsec de distância da Terra se afasta de nosso planeta com velocidade de 70 km/s; uma que esteja a 2 megaparsecs terá velocidade de afastamento de 140 km/s. E assim por diante.

O modelo de de Sitter e Friedmann atraiu a atenção de matemáticos, como o dos alemães Felix Klein (1849-1925) e Herman Weyl (1885-1955), bem como do italiano Tullio Levi-Civita (1873-1941), do francês Émile Borel (1871-1956), do britânico Alfred N. Whitehead (1861-1947) e do húngaro Cornelius Lanczos (1893-1974). De certa forma, essa aventura dos matemáticos no reino da relatividade geral ajudou a aumentar a áurea em relação à complexidade e à abstração da teoria. Muitos desses pesquisadores introduziram elementos filosóficos ao tratamento matemático da relatividade geral – a exemplo de Whitehead e Borel.

A relatividade geral era tema considerado “para

poucos” na década de 1920, não só por sua complexidade matemática e o fato de ela ter sido criada por um ícone como Einstein, mas também porque a nova geração de físicos que despontavam naquela década via na recém-criada – e, portanto, ainda aberta, com fronteiras a serem desbravadas – mecânica quântica o caminho mais curto para uma carreira acadêmica bem-sucedida – e para o Nobel.

A relatividade geral ficou, portanto, restrita a parte da comunidade. Ao longo das décadas (com mais ênfase a partir da década de 1940), foi, aos poucos, sugada pelo ostracismo, para ser alçada a tema significativo apenas a partir da década de 1960. Curiosamente (ou ironicamente), foi um matemático – no caso, o britânico Roger Penrose² – que contribuiu significativamente para a retomada da relatividade geral como área de pesquisa naquela década.

Nesse contexto, vale dizer que o primeiro livro sobre relatividade de um pesquisador norte-americano foi publicado cerca de 20 anos depois da formulação dessa teoria: *Relativity, thermodynamics, and cosmology*, (1932), de Richard C. Tolman (1881-1948), o que, de certa forma, mostra como, ao longo de meados da década de 1920 e na década seguinte, esse tema de pesquisa não era muito popular na comunidade de astrônomos, físicos e astrofísicos.

Alguns desses modelos feitos por matemáticos apontavam para um universo dinâmico, em evolução. Esse é o caso do artigo de Lanczos, publicado em 1922. Na década de 1920, relativistas propuseram juntar os modelos de Einstein com o de de Sitter, em um tipo de “melhor dos mundos”. A contribuição do primeiro seria a de um universo preenchido com matéria (afinal, é mais do que evidente de que ela está lá); a do segundo, daria conta da explicação do desvio para o vermelho das galáxias espirais.

Foi Lemaître, em 1925, que sugeriu que o desvio para o vermelho observado na luz das galáxias espirais fosse interpretado como efeito Doppler. Apresentado publicamente em 1842 pelo austríaco Christian Doppler (1803-1853), esse fenômeno, por exemplo, faz com que o som de uma sirene fique mais agudo quando o veículo está se aproximando de nós e mais grave quando ele se afasta.

²Penrose foi agraciado com o prêmio Nobel de Física em 2020, por seus resultados sobre buracos negros.

Para nossos propósitos aqui, podemos dizer que algo semelhante ocorre com a luz: uma galáxia que está se afastando da Terra tem sua luz ligeiramente alterada para a cor vermelha – se ela estivesse se aproximando, essa mudança seria ao azul. Essa conclusão importante de Lemaître foi, no entanto, publicada em um periódico pouco conhecido, o *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* (Bélgica).

Aspecto importante sobre o modelo de Lemaître é que a inspiração para ele nem veio da relatividade geral, nem da astronomia – e também não da teologia, como muitos acreditam. Veio, sim, da mecânica quântica e do entendimento dessa teoria sobre a radioatividade – daí, o tal “átomo primordial” ter iniciado sua desintegração (ou decaimento) por meio desse fenômeno nuclear.

Outro fenômeno que esse padre belga usou da teoria quântica foi o indeterminismo, cuja essência Einstein já havia previsto em artigo na segunda metade da década de 1910, ao estudar o fenômeno (emissão estimulada) que estaria, 40 anos depois, na base do desenvolvimento do laser.

Em resumo: o átomo primordial de Lemaître se desintegraria por meio de um decaimento radioativo, e isso não poderia ser determinado com precisão, o que, de certo modo, evitou as suposições de Immanuel Kant (1724-1804) sobre a impossibilidade de dar uma causa para o início do universo.

Inspirado pelo modelo de de Sitter, Lemaître publicaria, em 1927, seu resultado mais importante: o universo está em expansão, tem uma idade por volta de 10 bilhões de anos e um tamanho por volta de 3 mil megaparsec. Ele fez ainda uma afirmação corajosa: se o universo está em expansão, isso significa que, no passado, ele foi menor e menor. A conclusão final era a de que, em um momento remoto, toda a massa do universo deveria estar reunida em um “ponto” (o tal “átomo primordial”), ideia questionada atualmente.³ Essa afirmação causou polêmica e fez com que críticos se manifestassem – entre eles, Einstein.

Lemaître também tinha simpatia por uma classe especial de modelos cíclicos, os “explosivos”, ou seja, aqueles em que o universo “explode”, se

expande, se contrai, volta à condição de átomo primordial, se expande, se contrai... Como um tipo de fênix. Para muitos – refletindo as críticas que astrônomos faziam dos modelos da década de 1920 –, os resultados de Lemaître eram apenas abstrações matemáticas sobre o universo – com uma dose de teologia. No entanto, para o próprio Lemaître, sua ciência não tinha relevância teológica. Sua ênfase estava na física e não na matemática de seus modelos.

Quanto à expansão, é preciso lembrar que, entre 1922 e 1924, Friedmann discutiu universos que se expandiam, se contraíam ou oscilavam. E cujas idades estavam também na casa das dezenas de bilhões de anos. Esse matemático russo também mostrou que Einstein e de Sitter esgotaram todas as possibilidades para universos estacionários.⁴

Algo interessante sobre Friedmann – e, talvez, ligado ao fato de ele ser matemático: ele não enfatizou a relação de suas conclusões com a realidade. Ou seja, não defendeu que o universo estivesse realmente em expansão; ele apenas discutiu a questão como uma das possibilidades dos vários modelos matemáticos que apresentou. Isso, de certo modo, nos faz lembrar Hubble, que nunca defendeu, em seu artigo de 1929, um universo em expansão – curiosamente, os livros didáticos e históricos apontam esse norte-americano como o “pai” da expansão do universo. Até 1930, Einstein também não acreditava na expansão, mesmo depois de conhecer os resultados de Lemaître.

Hubble achou que aquilo que havia observado – o deslocamento para o vermelho da luz de galáxias – poderia ser explicado por outros motivos. Um deles seria a interferência da poeira interestelar nessa luz.

Friedmann, no entanto, foi pioneiro em mostrar que a relatividade geral oferecia outras possibilidades, além daquela em que o universo permanece estático. Outra das ironias que marcam a história da cosmologia: em 1930, Eddington mostrou que o universo “estático” de Einstein era instável, pois, caso sofresse qualquer perturbação, ele se contrairia ou se expandiria.

Em 1931, Einstein abriria mão da constante cosmológica e, no ano seguinte, publicaria, com de Sitter, um modelo em que o universo, além de aberto, tinha curvatura do espaço e constante

³Agradecemos ao árbitro do artigo que nos chamou a atenção para o fato de que, mesmo com a densidade divergindo, o universo com seção plana continua infinito.

⁴Friedmann, apesar da originalidade e radicalidade de suas ideias pioneiras, não pôde perceber os limites matemáticos destas últimas. Assim, sabe-se hoje que suas soluções são casos particulares de outras mais gerais.

cosmológica nulas. Certamente, algo que não tinha muito vínculo com o que já se conhecia do cosmo naquele momento.

Aquele início da década de 1930 ficaria caracterizado pela aceitação da expansão do universo, fenômeno que foi, à época, popularizado por livros de divulgação científica. Dois desses clássicos são *The mysterious universe* (O universo misterioso), de 1930, do astrofísico britânico James Jeans (1877-1946), e *The expanding universe* (O universo em expansão), de Eddington (1933).

De um ponto de vista certamente anacrônico, a descoberta e a aceitação de que o universo estava em expansão foi marco significativo na história da cosmologia, o qual se junta ao modelo cosmológico de Einstein, de 1917. O terceiro – personalizado na forma da descoberta, por acaso, da radiação cósmica de fundo – teria que esperar décadas e daria impulso à cosmologia observacional e corroboraria, para grande parte da comunidade científica, o modelo que até hoje é o mais aceito, o Big Bang.

Os modelos que surgiram ao longo da década de 1920 foram marcados não só por grande matematização e geometrização do universo, mas também por um afastamento dos elementos metafísicos que caracterizaram a cosmologia até o século 19 – talvez, uma das exceções tenham sido as leituras equivocadas (teológicas) feitas sobre o “átomo primordial” de Lemaître.

Foi ao longo da década de 1920 que surgiu o tratamento matemático que permitiu descrever universos isotrópicos (ou seja, sem uma direção privilegiada para as leis da física), com distribuição homogênea de matéria e os quais ou se expandiam, ou se contraíam – por sinal, pressupostos até hoje empregados em modelos cosmológicos denominados universo oscilante (ou bouncing universe).

O ferramental teórico que permitiu esses avanços é denominado métrica de Robertson, referência ao matemático norte-americano Howard Robertson (1903-1961), cujas ideias foram ampliadas na década seguinte. Robertson deu início a uma ferramenta matemática que permitiu satisfazer o princípio cosmológico – ou seja, em escalas suficientemente grandes, as leis do universo são as mesmas para todos os observadores, independentemente de quem eles sejam e onde estejam. Vale ressaltar que foram seus trabalhos iniciais, juntamente com os de Lemaître, que chamaram

a atenção dos especialistas à época para os resultados de Friedmann do início da década de 1920.

Em meados da década de 1930, a cosmologia era uma área de pesquisa praticada internacionalmente, tanto na Europa (Alemanha, Bélgica, Holanda) quanto na União Soviética e nos EUA. Se ela era propriamente uma ciência, permanecia questionável para alguns. E seus avanços ainda se davam um pouco “aos trancos” e por trajetórias “curvas”, com retornos sucessivos a pontos que essa área havia abandonado.

A década de 1930 foi, para a cosmologia, um tanto quanto confusa, com a agravante de que a metafísica estaria novamente presente nos debates e modelos, mas sempre evitando o tema relacionado à idade do universo – a aceitação de que o universo se expandia não levou à aceitação de que ele deveria ter uma origem temporal, o que soa paradoxal, certamente.

Na verdade, nas primeiras três décadas do século passado, a idade do universo não era uma questão muito discutida entre cosmólogos, astrofísicos e astrônomos – era quase um tabu. Também permaneceriam em aberto questões sobre a finitude (ou não) espacial.

Mas foi na década de 1930 que começaria, com mais intensidade, a aliança da cosmologia com a astronomia observacional. Apesar de conturbada, foi dessa associação que surgiram os ali-cerces para grandes avanços no período após a Segunda Guerra Mundial.

Sobre os autores

Antonio Augusto Passos Videira (guto@cbpf.br) é Doutor em Filosofia da Ciência pela Universidade de Paris VII (Denis Diderot). É professor titular da UERJ, além de professor no Programa de Ensino e História da Matemática da UFRJ. Professor convidado no Instituto de Biofísica (UFRJ) e pesquisador colaborador no CBPF.

Cássio Leite Vieira (cleitevieira@gmail.com) é Doutor em História da Ciência pela UFRJ, jornalista freelancer especializado na cobertura de ciências exatas e historiador da física.

Referências

- [1] C. Smeenk, *Einstein's Role in the Creation of Relativistic Cosmology*, in *The Cambridge*

- Companion to Einstein*, editado por M. Janssen e C. Lehner (Cambridge University Press, 2014), Cambridge Companions to Philosophy, 228–269.
- [2] P. Coles (ed.), *The Routledge Companion to The New Cosmology* (Routledge, Londres, 2001), 2 ed.
- [3] N. S. Hetherington (ed.), *Cosmology - Historical, Literary, Philosophical, Religious, and Scientific Perspectives*. (Garland Publishing, New York, 1993).
- [4] H. Kragh, *The controversial universe: a historical perspective on the scientific status of cosmology*, *Physics and Philosophy*, 008 (2007).
- [5] H. Kragh, *Conceptions of Cosmos: From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology*. (Oxford University Press, Oxford, 2013).