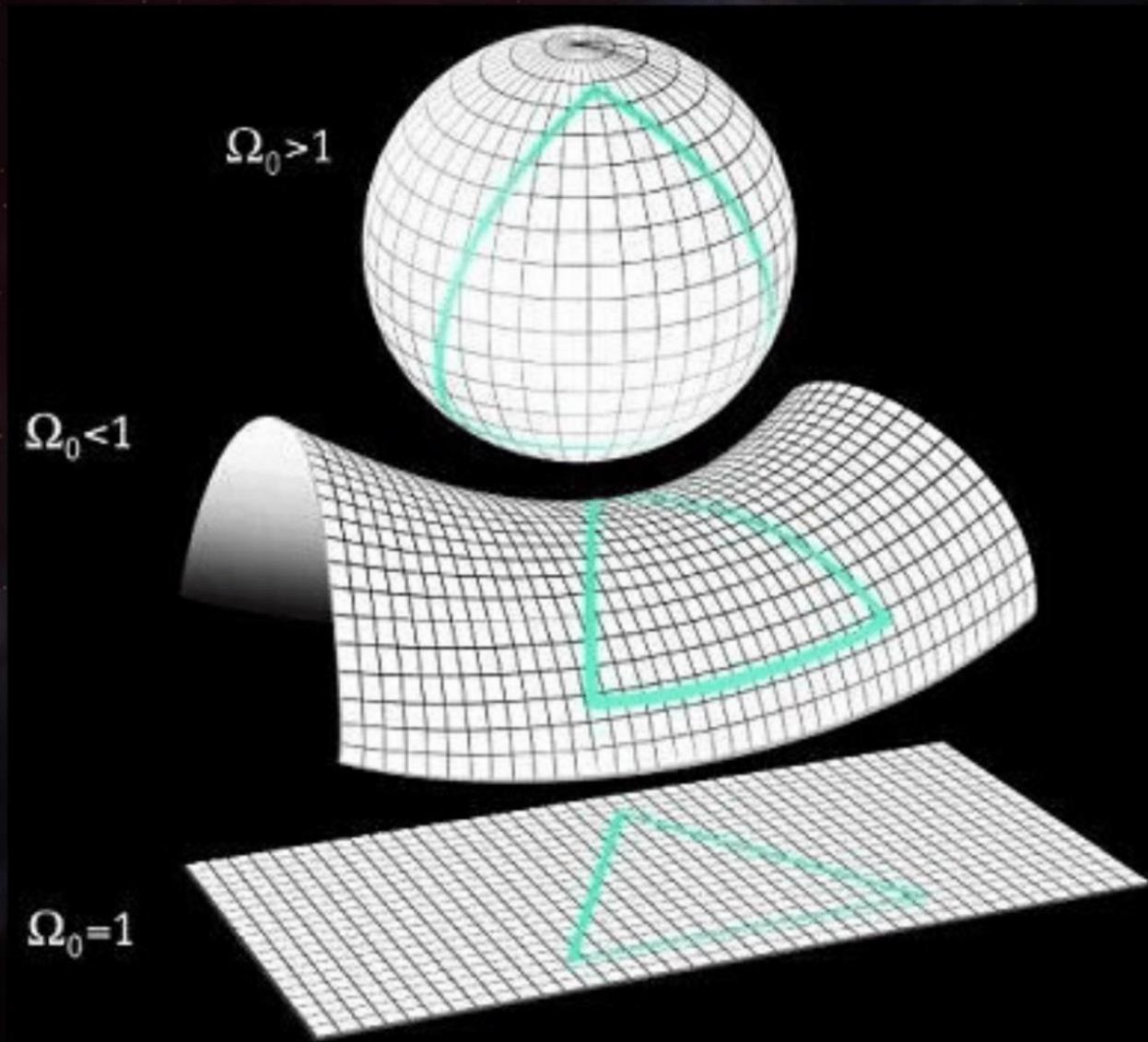


TEXTO 2

Teorias Cosmológicas Contemporâneas



Modelando Universos: Universos Cíclicos, Estacionários
e Multiversos

Miguel Angelo Sousa Silva

INVENTANDO UNIVERSOS¹

Modelos científicos de criação, ou **modelos cosmogônicos**, repetem certas ideias presentes nos mitos de criação: ou o Universo existiu sempre, ou ele apareceu num determinado momento do passado, a partir do Caos ou a partir do Nada, ou, quem sabe, é desde sempre criado e destruído numa dança de fogo e gelo. Existe apenas um número finito de respostas possíveis, que foram visitadas **independentemente** pela imaginação científica e pela religiosa.

Figura 1: contemplação do firmamento



Fonte: <https://biblia.com.br/perguntas-biblicas/gostaria-de-saber-o-significado-de-firmamento-em-genesis-pois-la-fala-que-e-o-ceu-gostaria-de-entender-exatamente-o-que-deus-criou-no-segundo-dia/>

[Neste cenário], a transição do Universo aristotélico da teologia medieval, fechado, com a Terra ocupando o centro, para o Universo [Copérnico-Kepler-Galileu] renascentista foi lenta e dolorosa. Argumentos como os de Giordano Bruno (1548-1600), tentando justificar a existência de um Universo infinito, povoado por um número infinito de mundos como o nosso, foram ou silenciados ou na maior parte ignorados pela Igreja. Newton transformou radicalmente essa situação ao propor um Universo infinito e aberto, balanceado pela ação conjunta da gravitação e da "interferência divina"². Mas um Universo infinito, povoado por um número infinito de estrelas, apresentava outras dificuldades. Como Halley³ argumentou numa reunião da [Royal Society](#)⁴ em 1721, e Kepler um século antes dele, um Universo infinito com um número infinito de estrelas distribuídas aleatoriamente estaria sempre inundado de luz, noite e dia. A solução newtoniana, invocando a interferência

¹ Os argumentos deste texto também foram extraídos dos livros de Marcelo Gleiser cujas referências estão indicadas por números na forma de links (clcando neles você será direcionado para as referências).

² No epílogo da edição de 1713 de sua obra prima "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural" (de 1686), Newton escreve que o seu Deus (cristão, claro) era o senhor do Cosmo e que deveria ser adorado por estar em toda a parte, por ser o "Governante Universal". Para saber mais, ver: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1306201002.htm>

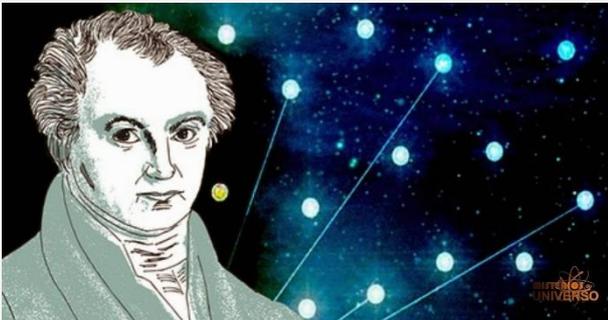
³ Edmond Halley (1656-1742) foi um astrônomo e matemático britânico, célebre por ser o observador da órbita e decifrar o tempo do cometa Halley, em 1696. Foi amigo de Isaac Newton, e ajudou-o a publicar suas três leis da mecânica.

⁴ Ver glossário.

divina, não era mais muito popular, após os [deístas](#) terem limitado a influência divina ao processo de criação do Universo.

Então por que, num Universo infinito, [repleto de estrelas] o céu noturno é escuro? Esse paradoxo, reformulado em 1823 pelo médico alemão Heinrich Olbers (1758-1840), ficou conhecido como o [paradoxo de Olbers](#). Na época, a maioria dos cientistas acreditava que a solução do paradoxo estava relacionada com a absorção interestelar: [nuvens de gás](#) espalhadas pelo Universo absorvem luz de estrelas distantes, “filtrando” a quantidade de luz que finalmente chega até nós. Infelizmente, como notou o filho de William Herschel (1738-1822), John, em 1848, absorção não poderia ser a resposta, já que nuvens de gás reemitem a luz absorvida, recriando o problema.

Figura 2: Heinrich Olbers (1758-1840)



Fonte: <https://www.misteriosdouniverso.net/2015/04/o-paradoxo-de-olbers-por-que-o-ceu.html>

Para embaraço dos cientistas da época, um dos fenômenos mais ordinários de nosso dia-a-dia, a escuridão do céu noturno, continuava a ser um mistério. A solução final para o paradoxo de Olbers teve de esperar pela descoberta de que o Universo teve um início e, portanto, tem

uma idade finita. Antes, porém, que essa explicação pudesse ser contemplada, Einstein tentou sua própria solução, aplicando sua nova teoria ao estudo da geometria do Universo [\[1\]](#).

UNIVERSO ESTÁTICO OU ESTACIONÁRIO

Como a maioria das pessoas em 1917, Einstein não via nenhuma razão para postular um Universo dinâmico, ou seja, um Universo que evolui temporalmente. Sem dúvida, ele estava a par da existência de movimentos em escalas astronômicas relativamente pequenas, como, por exemplo, o movimento local de estrelas. Mas esses movimentos não indicavam uma tendência global ou coletiva em escalas maiores.

Não só se acreditava que o **Universo era estático**, mas também que a maior parte de sua massa estava concentrada dentro e em torno da Via Láctea. Todos os objetos observados no céu noturno, de estrelas a [“nebulosas”](#), faziam parte da Via Láctea, cercada basicamente pela imensidão vazia do espaço infinito. O debate sobre a natureza das nebulosas, se elas eram ou não outros “universos-ilhas” como nossa própria galáxia, ainda estava em aberto, embora a opinião da maioria fosse contrária à ideia de um Universo povoado por várias galáxias como a nossa. Em apenas alguns anos, o Universo iria se tornar um lugar profundamente diferente.

Einstein não gostava da noção de um Universo infinito com uma quantidade finita de matéria. Ele acreditava que um Universo espacialmente finito era muito mais natural sob o ponto de vista de sua teoria da relatividade geral. E, já que a geometria do Universo é determinada pela sua massa total, ele propôs que o modelo mais simples para o Universo poderia ser obtido supondo que a sua massa seja, em média, distribuída igualmente por todo seu volume.

De modo a consolidar suas ideias, Einstein formulou o **princípio cosmológico**, que afirma que, em média, todos os pontos do Universo são essencialmente indistinguíveis; ou seja, o Universo é homogêneo (o mesmo em todos os lugares) e isotrópico (o mesmo em todas as direções): não existe um ponto especial no Universo.

Uma vez adotado o princípio cosmológico, a tarefa de resolver as equações da relatividade geral tornou-se muito mais simples: a geometria do Universo como um todo passou a ser determinada por um único parâmetro, seu raio de curvatura; [raio este] que, em média, aqui é muito importante. Claro que Einstein sabia que certas regiões do

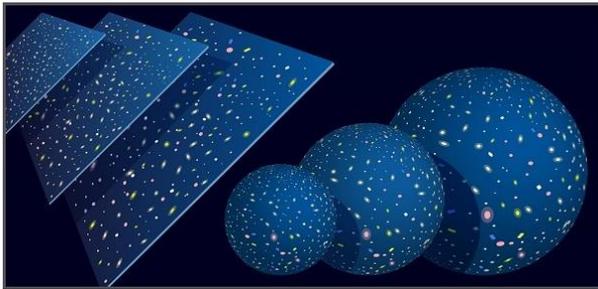
Universo têm maiores concentrações de matéria do que outras, como, por exemplo, na vizinhança das galáxias; mas em média, para volumes suficientemente grandes, o Universo é essencialmente homogêneo; e, como Einstein também supôs que o Universo é estático, a distribuição de matéria não muda com o tempo. No Universo finito de Einstein, a densidade total de matéria, isto é, a razão entre a quantidade total de matéria e o volume total, é constante. Como consequência, a geometria, ou o raio de curvatura do Universo, também é constante.

Armado dessas hipóteses, Einstein obteve sua solução cosmológica. Seu modelo descrevia um Universo estático e finito, uma generalização tridimensional da superfície de uma esfera⁵. Seu raio era determinado pela massa total em seu volume. Essa solução, contudo, apresentava alguns problemas. Devido à ação atrativa da gravidade, num Universo estático e finito, a matéria tem a tendência de implodir sobre si mesma. Um Universo estático e finito, com uma densidade de matéria constante, simplesmente não [poderia] existir. Einstein havia criado um Universo instável⁶.

⁵ Sugere-se visualizar geometrias fechadas em duas dimensões, como, por exemplo, a superfície de um balão.

⁶ Como a maioria de seus colegas em 1917, Einstein considerava que o universo era composto de uma nuvem de estrelas, a Via Láctea, cercada por espaço imenso. O que havia além? O universo era infinito? Se sim, o que impedia uma estrela de deslocar-se para tão longe que não teria nada com que se relacionar? Para evitar esses problemas, Einstein se propôs a desenhar um universo sem limites. Em seu modelo, o espaço se dobraria para encontrar-se com ele mesmo outra vez, como a lateral de uma lata cilíndrica. Mas esse universo era instável, e o cilindro desabaria se alguma coisa não mantivesse seus lados separados. Aquele algo foi um parâmetro arbitrário acrescentado às equações, algo que Einstein chamou de constante cosmológica. Fisicamente, esse novo termo, representava uma força repulsiva de longo alcance que impediria que a gravidade atraísse tudo 'para dentro', implodindo o universo conhecido.

Figura 3: universos planos e curvos



Fonte: <https://www.saberatualizadonews.com/2019/11/estudo-sugere-um-universo-fechado-curvo.html>

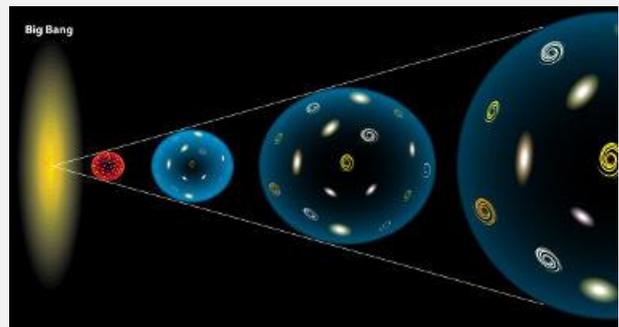
De modo a manter seu Universo estático [contornando sua instabilidade], Einstein arbitrariamente incluiu um termo extra nas equações da relatividade geral, que ele inicialmente chamou de “pressão negativa”, apesar de seu nome mais popular ser **constante cosmológica**. Mesmo que esse termo fosse perfeitamente aceitável sob um ponto de vista matemático, ele não tinha nenhuma justificativa sob um ponto de vista físico, embora Einstein e outros houvessem tentado arduamente encontrar uma. Esse novo termo comprometia em parte a beleza e simplicidade formal das suas equações de 1915, que obtiveram tantos resultados sem admitir a existência de novos termos. Basicamente, a constante cosmológica funcionava como uma espécie de **repulsão cósmica**, escolhida para balancear exatamente a atração gravitacional da matéria, evitando seu colapso. Einstein não percebeu (ou não quis perceber) que, por trás da instabilidade encontrada em suas equações, escondia-se um Universo dinâmico. Até mesmo cientistas como Einstein podem deixar escapar

oportunidades para grandes descobertas, no caso, a descoberta teórica da **expansão do Universo**.

Universo Eterno e em Expansão

Mais tarde, em 1948, Thomas Gold e Hermann Bondi, e, independentemente, Fred Hoyle⁷, todos de Cambridge, publicaram dois artigos descrevendo sua nova teoria cosmológica sem um evento de Criação. Para o trio, o Universo era infinitamente velho.

Figura 4: O Big Bang, “Grande Expansão”



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/lei-hubble.htm>

Ora, se o Universo se expande, ele se torna menos denso, já que a mesma quantidade de matéria ocupa um volume cada vez maior. Quanto mais velho, portanto, for o Universo, menos denso ele será: uma característica típica dos modelos cosmológicos evolucionários. No entanto, no modelo do estado estacionário, o Universo não pode ter sua densidade média de matéria diminuída; por definição,

⁷ Ver o texto 1.

ela deve permanecer constante. De modo a evitar essa “diluição” da matéria, Bondi, Gold e Hoyle sugeriram que, à medida que a expansão do Universo provoca a diminuição da densidade de matéria, mais matéria é criada, de modo a manter a densidade média de matéria constante. Mas de onde viria essa matéria extra para manter a densidade de matéria do Universo constante no modelo do estado estacionário? A criação espontânea de matéria viola a lei da conservação de energia e o trio britânico sabia muito bem desse fato. [Diante da pergunta] eles astutamente responderam que apenas podemos afirmar que a energia é conservada por intermédio de experimentos. E, já que todo experimento tem precisão limitada, como podemos saber se a energia é exatamente conservada? Quando calculamos a quantidade de matéria que deve ser espontaneamente criada para manter o Universo em estado estacionário, obtemos a taxa absurdamente minúscula de três átomos de hidrogênio por metro cúbico a cada milhão de anos! Certamente, ninguém pode medir uma violação da conservação de energia nesse nível. Em todo caso, o trio ainda argumentaria, será que a criação espontânea de matéria é pior do que a criação abrupta do Universo como um todo?

O modelo é abandonado

O primeiro problema enfrentado pelo modelo do estado estacionário apareceu por volta de 1952, quando Walter Baade (1893-1960), astrônomo e astrofísico alemão, usando o telescópio de duzentas polegadas do observatório de monte Palomar, mostrou que a estimativa que Hubble fizera da idade do Universo estava incorreta devido a problemas em suas medidas de distância. A idade do Universo dobrou imediatamente, em breve chegando a ser cinco vezes maior do que o número original de Hubble, confortavelmente mais velha do que a Terra. Com isso, o problema da idade do Universo desapareceu (pelo menos temporariamente)⁸.

Figura 5: Telescópio de duzentas polegadas do observatório de monte Palomar



Fonte: <https://www.britannica.com/topic/Palomar-Observatory>

⁸ Hubble havia obtido o intervalo de tempo necessário para as galáxias terem viajado de um ponto de concentração inicial até a sua distância atual: ou seja, uma medida aproximada da idade do Universo. Sua resposta foi 2 bilhões de anos. Sem dúvida um resultado fascinante, não fosse por um pequeno problema: na época, sabia-se que a idade da Terra era de pelo menos 3 bilhões de anos! (O número atual é próximo de 5 bilhões.) Como a Terra poderia ser mais velha do que o Universo?

O segundo problema encontrado pelo modelo do estado estacionário apareceu em 1955, quando um grupo de radioastrônomos de Cambridge, liderados por Martin Ryle, mostrou que seu levantamento de **fontes de rádio** (objetos astrofísicos que emitem radiação eletromagnética com comprimentos de onda de rádio)⁹ contradizia os cálculos de Hoyle: o modelo do estado estacionário previa um número menor de fontes do que o observado pelo levantamento de Cambridge.

O golpe de misericórdia veio em 1965, quando foi descoberto que o Universo é permeado por uma **radiação de corpo negro** composta de fótons muito frios. Essa radiação havia sido prevista pelos proponentes do modelo do big bang como sendo os “raios fósseis” de uma época em que o Universo era muito mais quente do que hoje. O modelo do estado estacionário não pôde oferecer uma explicação plausível para esse fenômeno e teve de ser abandonado [1].



**Pausa para
uma reflexão:
pensemos
juntos...**

Diante desses primeiros modelos de Universo, o que sugere a nossa intuição diante de algumas questões primordiais:

01. O universo pode ser infinito? Exponha seus argumentos.
02. Mas se teve um começo, poderá ter um fim? Argumente de conformidade com o que foi exposto até aqui.
03. Pra você, qual dos modelos apresentados é mais plausível?

Feita essa pausa, sigamos em frente porque os modelos continuam...

⁹ Veja exemplos no artigo: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-38516137>. Acesso: 26 fev. 2020.

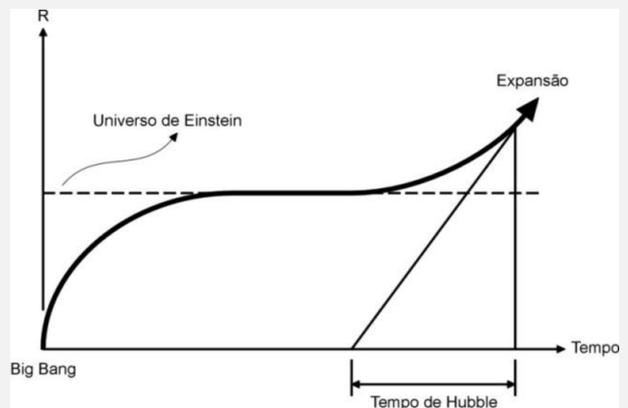
UNIVERSO CÍCLICO

Por volta da mesma época em que Einstein propôs seu modelo cosmológico, outro modelo apareceu na literatura científica, proposto pelo físico holandês Willem de Sitter (1871-1934). Desde que lera o artigo de Einstein de 1911, De Sitter ficou encantado com as novas ideias da relatividade geral. Ele imediatamente pôs-se a estudar a teoria, tentando em particular obter evidências a seu favor a partir de observações astronômicas. A solução cosmológica encontrada por De Sitter é, à primeira vista, bastante estranha. Ele mostrou que, fora a solução encontrada por Einstein, que incluía a matéria e a constante cosmológica, era possível também encontrar outra solução, apenas com a constante cosmológica. O Universo criado por De Sitter não tinha matéria. Claro, tal Universo é apenas uma aproximação grosseira da situação real; mas o Universo de Einstein, com matéria mas sem movimento, também era uma aproximação. Ambos os autores sabiam que seus modelos eram apenas representações grosseiras do Universo; porém tanto Einstein como De Sitter acreditavam que esses modelos simples continham aspectos essenciais da solução “verdadeira”.

O modelo proposto por De Sitter tem uma propriedade muito curiosa: dois pontos quaisquer no Universo afastam-se um do outro com velocidade proporcional à sua separação; portanto, pontos a uma distância $2d$ afastam-se um do outro duas

vezes mais rapidamente do que pontos separados por uma distância d . Embora vazio, o Universo de De Sitter tinha movimento! Sem a presença de matéria, a repulsão cósmica alimentada pela constante cosmológica provocava a expansão da geometria. Enquanto o Universo de Einstein tinha matéria sem movimento, o de De Sitter possuía movimento sem matéria; de certo modo, os dois modelos eram complementares.

Figura 6: Universo de Lemaître, universo de um começo abrupto



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Universo-de-Lemaître-40-O-universo-de-Lemaître-tem-um-comeco-abrupto-um-dia_fig2_233792312

Todavia, enquanto as várias propriedades do Universo de De Sitter estavam sendo exploradas, em São Petersburgo, na Rússia, um ex-meteorologista chamado Aleksandr Aleksandrovitch Friedmann (1888-1925) resolveu seguir uma rota completamente diferente. Excelente matemático, Friedmann dominou rapidamente os detalhes mais técnicos da relatividade geral. Inspirado pelas especulações cosmológicas de Einstein, Friedmann resolveu procurar outras possíveis soluções cosmológicas, talvez menos restritivas que

as achadas por Einstein e De Sitter. Ele sabia que Einstein havia incluído a constante cosmológica para garantir que seu Universo permanecesse estático. Mas por que essa insistência num Universo estático? Talvez inspirado por anos de estudos em meteorologia, onde nada é estático, Friedmann acreditava que não existia nenhuma razão a priori para postularmos um Universo estático.

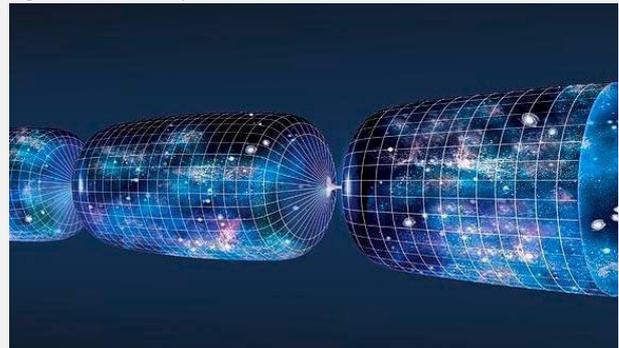
Por que não investigar um Universo homogêneo e isotrópico, mas com uma geometria capaz de evoluir temporalmente? Friedmann descobriu que, se a distribuição de matéria no Universo não for estática, sua geometria também não o será; a imaginação de Friedmann transformou o Universo como um todo numa entidade dinâmica.

Friedmann elaborou seus resultados num artigo intitulado “Sobre a curvatura do espaço”, que apareceu em 1922. Nele, Friedmann mostrou que, com ou sem a constante cosmológica, as equações de Einstein possuem soluções representando universos dinâmicos. Mais ainda, os universos descobertos por Friedmann exibem vários tipos possíveis de comportamento, determinados pela quantidade total de matéria e pela presença (ou ausência) da constante cosmológica. Sem considerar detalhes que não são importantes para nós, Friedmann distinguiu duas classes principais de soluções: as que descreviam um Universo em expansão e as que descreviam um **Universo oscilatório** [ou cíclico].

Em universos em expansão, a distância entre dois pontos sempre

aumenta. O Universo de De Sitter representa um caso extremo dessa classe de soluções, em que a quantidade de matéria é tão pequena que seu efeito sobre a evolução do Universo pode ser desprezado; a constante cosmológica determina completamente a dinâmica desse Universo.

Figura 7: modelo representativo de um universo oscilatório



Fonte: <https://hypescience.com/big-bang-universo/>

Com ou sem a constante cosmológica, a presença de matéria diminui a taxa de expansão desses universos. Por conseguinte, podemos imaginar que, para uma densidade suficientemente grande de matéria, chamada de **densidade crítica**, a atração gravitacional causada pela matéria será poderosa o suficiente para reverter a expansão do Universo, provocando por fim seu colapso. Em princípio, esse ciclo de expansão e contração pode repetir-se

indefinidamente, dando origem às soluções oscilatórias¹⁰.

“UNIVERSOS DE ESCRIVANINHA”

Universos estáticos, universos em expansão, universos oscilatórios, universos abertos, universos planos, universos fechados (mas sem fronteiras); modelos proliferavam, possibilidades aumentavam, inspirando ainda mais a imaginação dos “cosmólogos de escrivinha”, criadores de universos.

Durante a década de 1920, o número de “universos de escrivinha” cresceu rapidamente. Mas qual desses modelos representava melhor nosso Universo? Apenas as observações astronômicas poderiam responder a essa pergunta. Mesmo hoje, [quase cem anos] após Friedmann ter proposto suas soluções, ainda não podemos decidir qual o modelo cosmológico que melhor descreve nosso Universo. Sem dúvida, o número de possibilidades é bem menor, graças aos enormes avanços tanto em cosmologia observacional como na teoria de modelos cosmológicos; hoje conhecemos nosso Universo muito melhor do que nos anos 1920, mas a verdade é que a questão está

ainda em aberto, continuando a inspirar cosmólogos no mundo inteiro.

Inicialmente, Einstein não aceitou a possibilidade de universos dinâmicos. Ele escreveu para Friedmann, argumentando que suas soluções descrevendo universos em expansão eram incorretas, devido a erros de cálculo. No entanto, Einstein (e outros) rapidamente perceberam que era ele quem havia cometido um erro de cálculo. Ele publicou um artigo no mesmo jornal especializado em que Friedmann tinha publicado seu artigo, explicando seus erros e chamando as soluções de Friedmann de “clarificadoras”. Mais tarde, iria escrever que a inclusão da constante cosmológica nas equações da relatividade geral [havia sido] “sua maior burrice”¹¹. Um dos aspectos mais importantes da pesquisa científica é o modo como ela progride; a autoridade por si só jamais é suficiente para determinar o que está certo ou o que está errado, embora muitas vezes ela possa adiar a decisão final [1].

“UNIVERSOS-ILHA”

Segundo a cosmologia moderna, devemos considerar seriamente a possibilidade de que o Universo em que

¹⁰ Pense no esforço que fazemos para encher um balão de borracha; se a tensão na borracha representa a matéria do Universo, a cada vez que soprarmos ar no balão (a “força” da expansão), a borracha oferece uma resistência ao crescimento do balão (“atração” gravitacional). Se esgotamos o ar em nossos pulmões, o balão implode. Enquanto tivermos energia, podemos repetir esse ciclo de expansão e contração do balão indefinidamente.

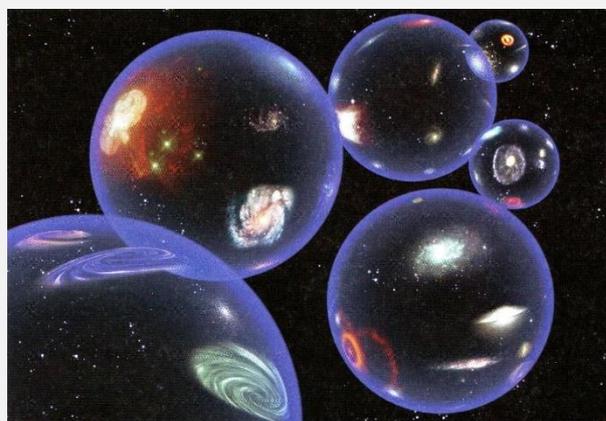
¹¹ Cf. CLARK, Ronald W. **Einstein**: the life and times. Londres: Hodder and Stoughton, 1973.

existimos não seja o único¹². [...] O fato de a geometria cósmica ser [praticamente] plana sugere que o espaço continue além do nosso horizonte, talvez até mesmo ao infinito, mesmo que não possamos estudar o que ocorre “lá fora”. Sendo assim, por que não estender nossa definição de Universo ao espaço possivelmente infinito que existe além do horizonte? Para ser consistente com a mensagem [de que na Natureza conhecemos apenas aquilo que medimos] devemos separar o que existe dentro do nosso horizonte, que podemos conhecer, do que potencialmente existe fora, que não podemos conhecer. É perfeitamente possível que um **universo infinito** contenha nosso Universo, mas não podemos confirmar isso de forma definitiva. Mais dramaticamente, é possível que existam outros universos “lá fora”, talvez um número enorme deles, e que o nosso seja apenas um¹³. [...] O **universo** (que inclui nosso Universo) seria apenas parte de um **multiverso**, um dentre muitos, talvez mesmo infinitos outros “universos-ilha”, coexistindo na vastidão eterna do multiverso [2].

O multiverso é [portanto] uma extensão das teorias atuais da Cosmologia [...]. Se você acha que o Universo é grande, melhor reconsiderar! A ideia essencial é que nosso Universo não é tudo o que existe, mas parte de uma entidade muito maior, o multiverso. Existem tipos

diferentes de multiverso, cujas propriedades variam de acordo com a teoria. Em geral, o multiverso é uma coleção de um número enorme de universos, cada qual com suas próprias leis da Natureza. O nosso é aquele cujas leis permitem que estrelas se formem e possam viver por um longo tempo, suficiente para a formação de planetas e, em ao menos um deles, o surgimento de criaturas vivas [3].

Figura 6: “Universos-bolha”.



Fonte: <http://nebulosacabulosa.blogspot.com/2015/10/o-multiverso-e-os-universos-paralelos.html>

Continuamos no texto 3.

¹² Gleiser faz uma distinção entre “Universo” e “universo”. Ele usa a palavra “Universo”, com U maiúsculo, para representar o conjunto de tudo o que existe dentro do volume contendo a informação a que temos acesso, seja ela conhecida ou ainda desconhecida; ou seja, “Universo” é o que existe no volume que contém nossa bolha de informação, nosso **horizonte cósmico**.

¹³ Para uma melhor visualização veja o vídeo no link: <https://www.youtube.com/watch?v=Wk7-IDzwmY4&t=250s>.

GLOSSÁRIO

Deístas. Refere-se aos partidários do deísmo, uma posição filosófica naturalista que acredita na criação do universo por uma inteligência superior (que pode ser Deus, ou não), através da razão, do livre pensamento e da experiência pessoal, em vez dos elementos comuns das religiões teístas como a revelação direta, ou tradição.

Nuvens de gás. É o nome genérico dado a um acúmulo de gás, plasma e poeira na nossa ou outras galáxias. Em outras palavras, uma nuvem interestelar ou nuvem de gás é uma região mais densa que a média do meio interestelar. Dependendo da densidade, tamanho e temperatura de uma determinada nuvem, o hidrogênio nele pode ser neutro, ionizado (um plasma) ou molecular (nuvens moleculares). As nuvens neutras e ionizadas às vezes também são chamadas “nuvens difusas”, enquanto nuvens moleculares também são chamadas “nuvens densas”.

Nebulosas. Originalmente, nebulosa era o nome de qualquer corpo celeste difuso, incluindo galáxias além da Via Láctea. A Galáxia de Andrômeda, por exemplo, era atribuída como Nebulosa de Andrômeda (e galáxias espirais em geral como "nebulosas espirais") antes da verdadeira natureza das galáxias serem confirmadas no início do século XX por Vesto Melvin Slipher (1875-1969), Edwin Hubble e outros.

Paradoxo de Olbers. Objeção a um universo estático infinito normalmente atribuída ao filósofo alemão Heinrich Olbers, que escreveu sobre esta teoria em 1823. Vários contemporâneos de Newton [O próprio Kepler numa das suas obras mais divulgadas, “Conversa com o Mensageiro Sideral”, de 1610, usa um argumento semelhante para concluir da finitude do mundo] tinham levantado o problema e o artigo de Olbers nem sequer foi o primeiro a apresentar argumentos plausíveis contra este tipo de universo. A dificuldade reside em que num universo infinito [O argumento é válido num universo estático infinito no espaço e no tempo] e estático, quase toda a direção do olhar iria culminar na superfície de uma estrela. Assim, deveríamos esperar que o céu fosse tão brilhante como o Sol, mesmo à noite. Daí o paradoxo, já que o céu à noite, na realidade, se apresenta escuro. A proposta de Olbers para resolver este problema era que a luz das estrelas distantes seria atenuada por absorção na matéria interestelar interposta. No entanto, se isso acontecesse, a matéria interveniente aqueceria eventualmente até brilhar com a intensidade das Estrelas. A única maneira de evitar a conclusão de que todo o céu noturno seria tão brilhante como a superfície do Sol, seria admitir que as estrelas não tinham estado sempre a brilhar, mas que tinham iniciado as suas carreiras há um tempo finito no passado. Nesse caso, a matéria absorvente poderia não ter ainda aquecido, ou a luz das estrelas distantes não teria ainda chegado até nós; levando-nos à questão de qual poderia ter sido a causa de as estrelas se terem acendido.

Royal Society. É uma instituição destinada à promoção do conhecimento científico fundada em 28 de novembro de 1660 em Londres. A Academia Real Irlandesa (Royal Irish Academy), fundada em 1782, é afiliada a ela. Seu nome completo em inglês é “The Royal Society of London for Improving Natural

Knowledge” (A Sociedade Real de Londres para a Melhoria do Conhecimento Natural); A Royal Society é equivalente à Académie des Sciences (Academia de Ciências) francesa, fundada em 1666. A Royal Society of Edinburgh (Sociedade Real de Edimburgo), fundada em 1783, é uma instituição escocesa independente.

Radiação de corpo negro. Um dos resultados experimentais que mais chamou a atenção dos cientistas no final do século XIX foi o estudo da luz emitida por corpos quando se encontram muito quentes, como o ferro “em brasa” ou mesmo um carvão em brasa. Os ferreiros da época já sabiam que quando o ferro ficava rubro, a sua temperatura estava por volta dos 1.000 K, podendo ser mais facilmente trabalhado. Com a finalidade de estudar a luz emitida pelos corpos quentes, foi proposto um modelo no qual a ideia era realizar os cálculos apenas da radiação produzida pela agitação térmica do corpo. Tal corpo deveria absorver toda a radiação que chegava até ele, não podendo refleti-la. Dessa forma, o corpo teria de ser totalmente negro, daí o nome do modelo: radiação do corpo negro.

REFERÊNCIAS

[1] GLEISER, Marcelo. **A dança do Universo: dos mitos de Criação ao Big Bang.** 3ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

[2] GLEISER, Marcelo. **A Ilha do Conhecimento: Os limites da Ciência e a busca por sentido.** 1ª ed. São Paulo: Editora Record, 2014.

[3] GLEISER, Marcelo. **A simples beleza do inesperado: um filósofo natural em busca de trutas e do sentido da vida.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2016.