

The background of the cover is a vibrant cosmic scene. It features a dense field of stars in various colors, including blue, white, and red. A prominent feature is a large, glowing nebula with swirling patterns of orange, red, and green. The overall color palette is rich and deep, typical of a starry night sky.

DO  
BIG BANG  
AO  
UNIVERSO  
ETERNO

**Mário Novello**

## 5 O programa do Universo eterno

Não é raro que uma proposta científica relevante seja precipitadamente posta de lado, ou mesmo rejeitada como ineficiente, graças ao mau uso de uma de suas características ou à aplicação equivocada de uma formulação teórica particular que lhe esteja associada. É possível encontrar vários exemplos dessa situação em diferentes áreas da física e mesmo em outras ciências. Um caso notável ocorreu na história da cosmologia.

Durante a década de 1950, duas teorias rivais eram entendidas como alternativas possíveis para descrever o Universo em suas propriedades globais: o cenário explosivo e singular descrito pelo big bang e o cenário *steady state*, no qual a configuração do Universo é estacionária, semelhante à geometria especial descoberta em 1917 por Willem de Sitter. Nas duas décadas seguintes, partidários de uma ou outra dessas propostas de história do cosmo e de sua possível origem dedicaram enorme esforço na tentativa de encontrar argumentos capazes de mostrar que a teoria rival estava errada.

Como vimos antes, em 1964, dois radioastrônomos americanos seguindo a orientação do físico Robert Dicke, interpretaram a observação de uma radiação cósmica altamente isotrópica como sinal de que havia no Universo, homogeneamente distribuído, um mar de fótons em equilíbrio termodinâmico — semelhante a um corpo negro a uma temperatura de  $2,7^\circ$  Kelvin. A explicação natural desse fenômeno passava pela aceitação de que o Universo fora bastante mais quente e concentrado no passado.

A interpretação foi bem-aceita pela comunidade internacional, que ficou então convencida de que o Universo era um processo dinâmico e que sua configuração deveria variar, de modo não uniforme, com o passar dos tempos. No final daquela década, parecia claro para boa parte dos cosmólogos que o modelo do Universo em estado estacionário — proposto pela teoria *steady state* —, defendida principalmente pelo astrônomo inglês Fred Hoyle e seu colega hindu Jayant Narlikar, não era apoiado pelas observações astronômicas. Concluiu-se então — precipitada e, como veremos, erroneamente — que nosso Universo deveria ter tido um começo singular há cerca de poucos bilhões de anos.

Em verdade, a conclusão correta deveria ter se limitado a rejeitar os cenários cosmológicos que não incluíam em sua explicação a evolução dinâmica do Universo, em particular a versão da proposta *steady state*. Nada mais que isso!

Entretanto, como uma dicotomia envolvendo os dois exemplos de descrição dos primórdios do Universo havia se instalado perante a comunidade científica, a demonstração de que uma delas estava em desacordo com as observações astronômicas deu automaticamente à sua rival a condição de verdadeira.

A principal questão em jogo na disputa, *steady state versus big bang*, e que ficara relegada a segundo plano na querela, foi imediatamente abandonada e esquecida. O que realmente estava por trás da discussão e constituía sua razão de ser era a tentativa de responder à questão fundamental: o Universo teve um começo há poucos bilhões de anos ou é eterno? O *steady state* certamente é um caso muito especial de Universo eterno isento de uma verdadeira dinâmica, posto que sua aparência, segundo essa concepção, seria independente do tempo cósmico.

Tal propriedade não deveria ter sido entendida como se, além do modelo *steady state*, não houvesse qualquer alternativa disponível. Com efeito, pois o que efetivamente se observou em 1964, e corroborou-se em outras observações desde então, se resume

somente à constatação de que o Universo é um processo e que seu volume foi menor no passado. Nada mais que isso. Deveríamos então perguntar: é possível encontrar outro cenário, mais realista que o modelo *steady state* estacionário e que seja igualmente eterno? A resposta é sim, como veremos.

### ***Steady state*: a batalha perdida**

Um dos maiores obstáculos à propagação da ideia de que nosso Universo não teve um momento de criação há poucos bilhões de anos está ligada ao sucesso efêmero da proposta do cenário *steady state*. Durante alguns anos esse modelo foi considerado uma boa alternativa ao big bang, ao sustentar a ideia de que o Universo não teria tido um começo.

Tanto a formulação inicial quanto a evolução ulterior desse modelo, contudo, apoiaram-se fortemente em propriedades *a priori*. Nesse aspecto, ele tem origem semelhante ao modo pelo qual Einstein inaugurou, em 1917, a cosmologia moderna: estabelecendo propriedades globais do Universo a partir de princípios gerais, organizando a base de seu cenário a partir de preconceitos sobre como o Universo deveria ser. O principal obstáculo ao *steady state* está ligado ao modo como esse modelo trata a dinâmica que controlaria a evolução do Universo.

Para entender isso, devemos lembrar o que foi comentado anteriormente sobre o modelo de Friedmann: “As observações parecem demonstrar que, em grandes dimensões, o espaço tridimensional é homogêneo.” Essa característica adquiriu uma formulação simplificada na expressão *geography does not matter* (“a geografia não importa”). Ou seja, se pudéssemos tirar uma fotografia da totalidade espacial do Universo em um dado tempo — digamos, hoje —, perceberíamos que as propriedades exibidas por suas diferentes partes são as mesmas,

isto é, qualquer região da foto que examinemos mostrará as mesmas características.

Assim, como não existe um lugar privilegiado no Universo, se considerarmos um ponto qualquer como lugar de observação, iremos notar que, em torno dele, as propriedades globais — como, por exemplo, a densidade de galáxias — independem da distância em relação a esse ponto arbitrariamente tomado como central. Em outras palavras, o espaço tridimensional é homogêneo. Daí a expressão popular pela qual a geografia do Universo não permite reconhecer ponto especial algum, ou, de modo simbólico, a expressão usada pelos cosmólogos: “A geografia não tem importância cósmica.”

Essa homogeneidade espacial do Universo é um dos pilares do modelo-padrão da cosmologia. Todos os modelos cosmológicos citados anteriormente foram construídos a partir dessa propriedade. Em um primeiro momento, como no caso dos modelos pioneiros de Einstein e Friedmann, eles se estruturaram apenas por simplificação formal, permitindo encontrar soluções exatas das equações da relatividade geral e dando-lhe o status de modelo cosmológico. Mais tarde, nas últimas três décadas do século XX, foram construídos com o apoio observacional.

### **Princípio cosmológico perfeito**

A simplificação formal que admite *a priori* a homogeneidade espacial (“a geografia não importa”) foi chamada pelos pais fundadores da cosmologia relativista de princípio cosmológico. Ele desempenhou um importante papel na consolidação do modelo-padrão. Alguns cientistas propuseram uma generalização desse princípio de tal modo que a configuração do Universo fosse a mesma não somente em um dado tempo, mas para todos os tempos. Essa

proposta de homogeneidade temporal ficou caracterizada pela expressão *history does not matter* (“a história não importa”).

Esses cientistas argumentaram que não existe uma verdadeira dinâmica no Universo, uma vez que todo observador veria a mesma estrutura global. Sua configuração permaneceria para sempre inalterada. Quando, a partir da segunda metade dos anos 1960, começou a ficar claro para a comunidade científica que o Universo era um processo, que suas características variavam com o tempo e que havia diferenças sensíveis entre o presente e o passado, o cenário *steady state* começou a ser severamente criticado, e hoje está praticamente abandonado.\*

A derrota de um cenário cosmológico isento de singularidade e, em sentido rigoroso, eterno foi a principal responsável pela atitude dos cientistas que deixaram de lado outros modelos de Universo sem singularidade. Podemos dizer que o fracasso primeiro do *steady state* funcionou como verdadeiro bode expiatório de todos os demais cenários eternos.

Ainda hoje, passados mais de 40 anos, alguns cosmólogos, ao comentar para o grande público a relação entre os modelos singulares e não singulares, cometem a confusão que leva à visão incorreta de que criticar o big bang significa voltar ao cenário estático do modelo *steady state*. Na verdade, trata-se de conciliar os dois e produzir um cenário realista de um Universo dinâmico e eterno, sem as dificuldades apontadas de um Universo singular.

---

\* Essa versão do desenvolvimento da cosmologia é apenas uma parte da verdadeira história. Isso porque, alguns dos principais defensores do cenário estacionário — como meu amigo, o professor Jayant Narlikar — ainda hoje têm severas críticas à argumentação que a maioria dos cosmólogos desenvolveu e que levou à rejeição do *steady state*.