

Universo do Estrondão Quente

Domingos Soares

14 de dezembro de 2016

Resumo

O Modelo Padrão da Cosmologia é um conjunto de hipóteses e aplicações de teorias físicas, aceito pela maioria dos cientistas contemporâneos, o qual resulta em uma representação teórica — o “Universo do Estrondão Quente” —, cujo fim é ser um retrato fidedigno do universo real. Apresento uma descrição qualitativa e simplificada do Universo do Estrondão Quente e de seus pontos fracos, os quais obliteram possíveis pontos fortes. Apresento referências bibliográficas relevantes para os leitores interessados em se aprofundar no assunto.

1 O que é

O “Universo do Estrondão Quente” (UEQ) é o universo do Modelo Padrão da Cosmologia (MPC), o qual, por sua vez, é o modelo dominante — portanto, padrão — que a ciência moderna apresenta para a representação do universo real. Antes de prosseguirmos deve-se salientar um ponto crucial, a saber, que existem diferenças fundamentais entre o universo real e o UEQ, o que coloca o problema geral da cosmologia como um problema da ciência contemporânea ainda sem solução satisfatória.

Sucintamente, o MPC é o resultado da aplicação da Teoria da Relatividade Geral (TRG) de Albert Einstein (1879-1955) ao chamado “fluido cósmico”, idealização de toda a distribuição de massa e energia do universo; este fluido é homogêneo e isotrópico e nele convivem matéria luminosa (as estrelas, as galáxias, etc.), matéria escura (não luminosa) e energia escura (detalhes em [1]). A expansão é suportada por uma interpretação das observações de galáxias realizadas por Edwin Hubble (1889-1953), resultando na

chamada “lei de Hubble”, que afirma que galáxias e outros membros distantes do universo se afastam com velocidades proporcionais às suas distâncias mtuas [2]. Em resumo o MPC apoia-se do lado teórico na TRG, i.e., em Einstein, e do lado observacional numa interpretação conveniente das observações extragalácticas realizadas por Hubble. Deve-se ressaltar um ponto importante: o Estrondão não ocorre em **algum lugar pré-existente**, mas representa a própria **criação do espaço e do tempo**. O espaço e o tempo são criados no Estrondão e evoluem a partir daí segundo o MPC, resultando então no UEQ.

A TRG é suplementada pelo paradigma inflacionário, que por sua vez é decorrente de uma teoria geral denominada Inflação. Como será visto na seção 1.1, o paradigma inflacionário estabelece as condições iniciais do UEQ.

Se o UEQ está em expansão, esta iniciou-se em algum momento do passado, a saber, em um “evento de criação” denominado “singularidade inicial” ou **Estrondão**. Estrondão é um neologismo criado para traduzir em português o termo inglês *Big Bang* (cf. [3]), o qual foi cunhado pelo astrofísico inglês Fred Hoyle (1915-2001), na década de 1940, para jocosa e pejorativamente se referir ao MPC, que ele considerava simplório e teoricamente insatisfatório. Foi neste mesmo sentido que o termo Estrondão foi criado. Como veremos a seguir **o Estrondão é quente**.

A expansão do UEQ possui três fases distintas.

- 1) acelerada no início, próximo ao Estrondão — o chamado “período inflacionário”,
- 2) desacelerada durante a maior parte de sua existência (14 bilhões de anos) e
- 3) acelerada recentemente, a saber, nos últimos 4 bilhões de anos (curiosamente a expansão sofre a transição de desacelerada para acelerada na época da formação do sistema solar). O UEQ era na época da transição cerca de 70% menor do que é atualmente (ver figura 2 de [4]).

O UEQ era na fase 1 e início da fase 2 extremamente denso e **quente**, daí ser o Estrondão **quente**. Os elementos químicos de pequena massa (hidrogênio, hélio e alguns outros) foram formados nos primeiros minutos do UEQ e as estrelas, galáxias, abacates, **nós**, etc., nos primeiros bilhões de anos. Já os elementos químicos de maior massa — entre eles, o carbono, oxigênio,

nitrogênio, ferro, etc., dos quais os nossos corpos são feitos — foram sintetizados, ou “cozinhados”, no interior das estrelas e nos processos explosivos das supernovas, o fim evolutivo de estrelas de grande massa.

Outros aspectos do UEQ estão descritos em dois capítulos do livro “O Reino das Galáxias” [5]). Estes capítulos podem ser lidos em [6, 7].

1.1 Fase 1

A fase 1 recebe o nome de “período inflacionário” porque ela é descrita pelo paradigma da “Inflação”, teoria criada pelo físico teórico Alan Guth e que fornece elementos para se entender a geração de energia existente no Estrondão e as características iniciais do UEQ. Por exemplo, alguns modelos inflacionários atribuem a energia do UEQ ao decaimento energético, ou seja, à queda de um nível de energia superior para um nível inferior, de uma hipotética partícula denominada *inflaton*, cuja existência ainda não foi comprovada. O período inflacionário iniciou-se muito antes da primeira minscula fração do primeiro segundo do UEQ e teve pequeníssima duração. A grande importância da Inflação é que ela torna as características físicas do UEQ, na época da criação, bem definidas (leia quatro ensaios curtos sobre Inflação em [8]).

1.2 Fase 2

Esta é a fase de maior duração do UEQ, aproximadamente 10 bilhões de seus 14 bilhões de anos. Nesta fase a expansão é desacelerada, pois as galáxias se afastam umas das outras com velocidades que progressivamente diminuem. A desaceleração é causada pela atração gravitacional da própria matéria e energia do universo. *O universo freia-se a si mesmo.*

Esta fase era a nica conhecida na época em que foram propostos os primeiros modelos cosmológicos baseados na TRG e nas observações de Hubble, que ocorreram mais ou menos a partir da década de 1920. Acontece que os modelos desacelerados levavam a um cálculo errôneo da idade do universo, que é o tempo transcorrido de hoje até o Estrondão, o evento de criação. A idade do universo calculada era menor que a idade geológica da Terra, o que é uma forte inconsistência. Este é o *dilema da idade*, o qual foi contornado pela introdução da fase 3.

1.3 Fase 3

Pouco antes da mudança de século, em 1998, dois grupos de astrônomos reivindicaram a descoberta de que a expansão do universo sofreu uma transição de desacelerada para acelerada há cerca de 4 bilhões de anos. Chegaram a esta conclusão realizando o mesmo tipo de estudo que Hubble fez relativamente à lei de Hubble, com a importante diferença de que eles observaram galáxias muito mais distantes do que Hubble (o contexto desta reivindicação está descrito em [4]). Mas, o que causa a aceleração do universo? A aceleração é causada por uma nova e estranha componente de energia, que possui um efeito repulsivo sobre o universo e que reverte a desaceleração causada pela gravitação tornando a expansão acelerada. O grande problema é que esta nova componente de energia ainda não foi descoberta.

2 Os pontos fracos do UEQ

São dois os principais pontos fracos do UEQ: o dilema da idade e matéria e energia escuras. O primeiro deles já foi mencionado na seção anterior e o segundo na primeira seção. Deve-se ressaltar que estes não são os nicos pontos fracos do UEQ, mas os mais importantes. Vamos a eles agora em mais detalhes.

2.1 O dilema da idade

O universo não pode ser mais novo do que uma de suas partes. A idade do universo calculada com os preceitos do UEQ deve ser maior que a idade de qualquer um de seus constituintes, seja ele um planeta, uma estrela, uma galáxia ou uma abelha. Se isto não acontecer temos um *dilema*, como já comentei acima. Os modelos cosmológicos do século passado sofriam deste dilema, deste gravíssimo dilema, que poderia jogar por terra todo o edifício conceitual de um universo em expansão a partir de um evento de criação.

Se o universo está em expansão, ela pode ser extrapolada retroativamente até o instante quando ela se iniciou e assim obter-se a idade cosmológica do universo. Isto foi feito no século passado e chegou-se a um dilema: o universo era mais jovem do que o planeta Terra. No final da década de 1940, o físico e cosmólogo belga Georges Lemaître (1894-1966) formulou um modelo que eliminava o dilema mas carecia de suporte observacional. O modelo inicial só possuía a fase de expansão desacelerada. Lemaître propôs um modelo

em que a expansão desacelerada passava a ser acelerada. A transição de desaceleração para aceleração representava uma “parada” na expansão em que o universo permanece com tamanho constante para em seguida continuar a expandir-se acelerado. Este quadro possibilita um ajuste da idade para um valor maior. Na figura 1, o diagrama à esquerda ilustra o modelo de Lemaître. A desaceleração é contrabalançada por **uma nova componente energética do universo que possui um efeito repulsivo**.

No final dos anos de 1990, o modelo de Lemaître foi aperfeiçoado e tentativamente justificado por observações astronômicas, as quais indicavam que a expansão do universo sofrera realmente uma transição de um regime desacelerado para um regime acelerado [4]. A parada do modelo de Lemaître pode ser maior ou menor dependendo dos detalhes do modelo. Ela tornou-se no UEQ uma “**paradinha sutil**”. Ela é sutil porque não é uma paradinha “de verdade”, mas funciona como uma, esticando a idade do universo. A *paradinha sutil* é a transição de uma expansão desacelerada pela atração gravitacional para uma expansão acelerada pela repulsão provocada pela nova componente energética do universo e está ilustrada na figura 1, no diagrama à direita. O seu efeito sobre a idade é o mesmo que o da parada de Lemaître, i.e., ambas aumentam a idade do universo relativamente a um modelo que só possuía desaceleração (ver também a figura 2 de [4]).

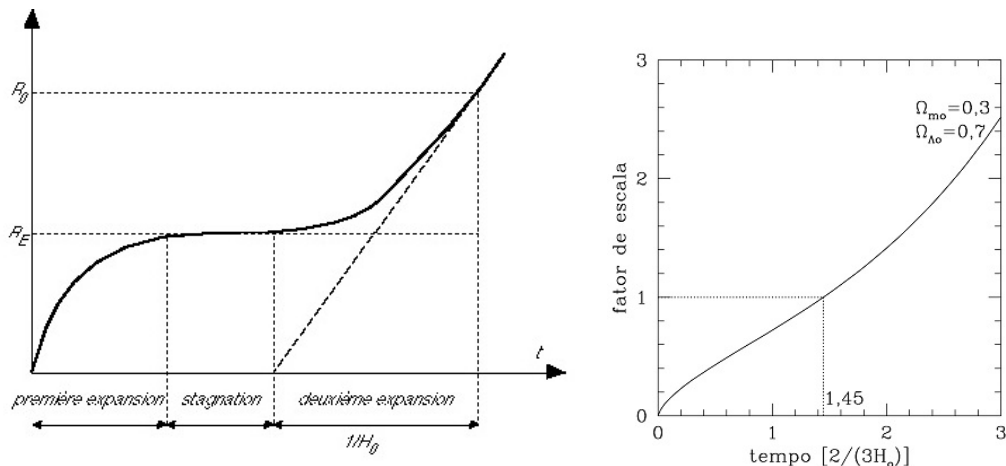


Figura 1: À esquerda, a história da expansão do universo segundo Georges Lemaître. O tamanho do universo é dado pela variável R no eixo vertical. R_E corresponde à parada na expansão. Essa parada pode, em princípio, ser ajustada para fornecer uma idade cosmológica consistente com as idades de planetas e estrelas, ou seja, maior ou igual a elas. À direita, o diagrama mostra a mesma coisa para o UEQ, com a sua “paradinha sutil”, que ocorre em torno do tempo = 1,45. O efeito da paradinha sutil é de mesma natureza que o da parada de Lemaître, i.e., aumentar a idade do modelo (detalhes complementares sobre esta figura em [9]).

Aparentemente o dilema da idade foi resolvido. Aparentemente, porque o fenômeno da aceleração requer a existência de uma nova componente de energia no universo que ainda não foi descoberta, como veremos a seguir.

2.2 Matéria e energia “escuras”

O UEQ possui um problema básico em sua formulação: ele não representa o universo observado, mas um universo totalmente desconhecido. É senso comum que uma teoria física deve tornar conhecido o desconhecido. Mas o UEQ não faz isto, pois na sua própria proposição ele exige a existência de duas componentes totalmente desconhecidas e não observadas de forma direta, quais sejam, a **matéria escura** e a **energia escura**. O termo “escura” nas duas expressões é um eufemismo para “desconhecido”. O UEQ possui 99,5% de matéria e energia desconhecidos. Apenas 0,5% de todo o conteúdo de

matéria e energia do UEQ possuem existência comprovada pela observação direta. Notem que dentro deste 0,5% estamos nós, os abacates, as abelhas, as galáxias, as estrelas e mais alguma coisa.

O físico teórico estadunidense Joel Primack — ao lado dos apoiadores do UEQ — acha que não há qualquer problema nisto. Algumas ilustrações da “escuridão cósmica” foram propostas por Primack e são mostradas em [10], onde também estão listados alguns dos problemas mais específicos do UEQ, destacados pelo próprio Primack.

A energia escura é responsável pela aceleração do UEQ e é totalmente diferente da energia eletromagnética, a energia da luz. A energia escura produz um efeito repulsivo que contrabalança e sobrepuja o efeito atrativo da gravitação. A constante cosmológica é a forma mais simples de “energia escura” e é uma energia associada ao vácuo quântico. Existe também a possibilidade teórica de a energia escura possuir uma variação temporal.

A nova componente escura responsável pela aceleração da expansão **deve** ser uma componente de energia e não mais um termo de matéria escura por vários motivos, entre eles:

- 1) a matéria desacelera a expansão e quer-se aceleração,
- 2) a matéria exerce pressão quase nula (idealmente, na ausência de movimentos aleatórios, como no UEQ, a pressão é exatamente nula) e a nova componente escura deve exercer pressão, uma característica intrínseca de uma componente de energia.

Por que uma nova componente que exerça pressão? Porque assim pode-se obter um efeito repulsivo e acelerar-se a expansão. Como? Se a pressão desta nova componente energética é **negativa**, então, de acordo com a TRG, o seu efeito sobre a matéria é **repulsivo** e fornece o mecanismo para a aceleração da expansão do universo. A pressão usual, de um gás ou da radiação eletromagnética, é **positiva** e seu efeito é **atrativo** (ver [1, eq. 1.12] e [11, p. 275]).

A aceleração atual do UEQ é atribuída a ela. A aceleração na fase 1 da expansão — o período inflacionário — tem outras causas, como já falamos. Existem pesquisadores que tentam unificar as duas causas num nico mecanismo físico dependente do tempo cósmico, que explicaria as três fases da expansão.

A matéria escura fornece, no contexto do UEQ, o esqueleto cósmico onde ocorreria o colapso gravitacional da matéria responsável pelo 0,5% observado,

i.e., nós, os abacates, etc. Ela ainda não foi observada, mas nós, os abacates, etc. estamos todos aqui.

A matéria escura está sendo procurada há quase 90 anos e a energia escura é procurada há quase 20 anos. Não foram ainda encontradas. Estes são os maiores problemas do UEQ.

3 Considerações finais

Podemos dizer de forma segura que **o UEQ é um sólido edifício com alicerces de barro**, e prestes a desabar. Os alicerces são constituídos pela matéria e energia escuras.

Como é de se esperar existem inmeras teorias alternativas ao UEQ. Um pequeno nmero delas está descrito em [12]. Neste artigo são descritas sete teorias alternativas, mas seguramente devem existir, pelo menos, sete vezes sete outras.

Astrônomos, físicos e cosmólogos contrários ao UEQ estão presentes no documentário *The Cosmology Quest (A Busca Cosmológica)*. Entre eles está o físico brasileiro da Universidade Estadual de Campinas, SP, André Koch Torres Assis, que também é o responsável pelas legendas em português das duas partes do documentário [13, 14].

Agradecimento: Agradeço ao colega do Departamento de Física da UFMG Prof. Renato Las Casas pelo convite para participar de seu programa radiofônico semanal *Universo Fantástico* (<http://www.observatorio.ufmg.br>), o qual motivou a preparação deste artigo.

Referências

- [1] D. Soares, *Os fundamentos físico-matemáticos da cosmologia relativista* in *Tópicos em cosmologia relativista*, <https://www.researchgate.net/publication/338842995>, pp. 3-14 (2020).
- [2] D. Soares, *UGE, Universo da Gominha Esticada* in *Tópicos em cosmologia relativista*, <https://www.researchgate.net/publication/338842995>, pp. 45-52 (2020).

- [3] D. Soares, *A tradução de Big Bang* in *Tópicos em cosmologia relativista*, <https://www.researchgate.net/publication/338842995>, pp.129-130 (2020).
- [4] D. Soares, *A idade do universo, a constante de Hubble e a expansão acelerada* in *Tópicos em cosmologia relativista*, <https://www.researchgate.net/publication/338842995>, pp. 41-44 (2020).
- [5] D. Soares, *O Reino das Galáxias*, <https://www.researchgate.net/publication/337719531> (2021).
- [6] D. Soares, *Cosmologia moderna: tateando no escuro* in *O Reino das Galáxias*, <https://www.researchgate.net/publication/337719531>, pp. 43-50 (2021).
- [7] D. Soares, *O Big Bang, um “Estrondão” no espaço e no tempo* in *O Reino das Galáxias*, <https://www.researchgate.net/publication/337719531>, pp. 87-94 (2021).
- [8] D. Soares et al., *Ensaio de Cosmologia*, <http://lilith.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/ensaios-tot.htm> (2002-2010).
- [9] D. Soares, *O dilema da idade do universo*, <http://lilith.fisica.ufmg.br/dsoares/UAI/idade.htm> (2015a).
- [10] D. Soares, *Joel Primack e a imagética da escuridão*, <http://lilith.fisica.ufmg.br/dsoares/wish/primack-img.htm> (2015b).
- [11] R.E. de Souza, *Introdução à Cosmologia* (EDUSP, São Paulo, 2019).
- [12] M. B. E. da Silva, *Teorias cosmológicas alternativas ao Modelo Padrão*, <http://lilith.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/marina-teorias.pdf> (2009).
- [13] R. Meyers, *The Universe: Cosmology Quest* (vídeo 1/2, legendas em português), <https://www.youtube.com/watch?v=jOQFLOukrxM&t=0s> (2004).
- [14] R. Meyers, *The Universe: Cosmology Quest* (vídeo 2/2, legendas em português), <https://www.youtube.com/watch?v=V4BPxQMUaAM&t=0s> (2004).