

---

## A QUESTÃO CONTROVERSA DA COSMOLOGIA MODERNA: UMA TEORIA E SUAS INCONGRUÊNCIAS – parte 2

---

Marcos Cesar Danhoni Neves  
Depto de Física - UEM  
Maringá - PR

*“Pois dentro e fora, acima, perto, abaixo,  
Tudo não passa de um mágico Teatro de Sombras,  
Encenado numa Caixa cuja vela é o Sol.  
À volta do qual nós, Figuras Fantasmas,  
Fazemos breves aparições.”*  
“Rubaiyat”, Omar Khayam

### **Resumo**

*Este artigo procurará aprofundar as críticas ao “Big Bang”, apresentando dados recentes que conflitam com os resultados esperados por esse modelo de Universo. As críticas varrem um amplo espectro e procuram proporcionar ao leitor uma visão diversa daquela encontrada em livros-textos e artigos de divulgação científica; procuram, sobretudo, nadar contra a corrente de uma teoria que acredita falar de uma realidade última e quase positivisticamente determinada.*

### **A “história” oficial**

Este artigo procurará contar uma “história” tantas vezes repetida em artigos científicos e em livros de divulgação científica em todo o mundo: a “história” dos primeiros passos e dos dados observacionais obtidos que procuraram corroborar um modelo de Universo inflacionário, criado a partir de uma singularidade inicial, num evento estimado entre 12 e 20 bilhões de anos atrás. Usamos a palavra *história* entre aspas, porque, na memória da pesquisa em Cosmologia, muitos dados foram “ocultos”, negligenciados e “esquecidos”, para poder construir um modelo de previsão e de linearidade quase absolutos, erigindo um novo cartesianismo. Os rumos da Cosmologia Moderna se assemelham muito aos rumos da Física dos séculos XVIII e XIX, quando se pensava que a Mecânica Newtoniana explicasse todos os eventos do Universo macroscópico e microscópico. Este estado de coisas levou Laplace a argumentar que

não havia mais nada a descobrir. Aos físicos restava somente a coleta de dados e a correção mínima de certos aspectos da teoria newtoniana.

## **A teoria da grande explosão (Big Bang)**

Em 1938, o astrônomo S. W. Adam descobriu raias de excitação nos espectros estelares da molécula de cianogênio (material encontrado também na cauda de cometas). Em 1941, A. McKellar estabeleceu que esta excitação se dava devido a uma temperatura de cerca de 2,3 K, que ele atribuiu aos constantes choques destas moléculas.

Na metade dos anos quarenta, G. Gamow, um físico soviético recém ingressado nos Estados Unidos (ignorando os estudos de Adam e McKellar), propôs a um de seus estudantes, R. Alpher, uma tese (até aquela época bastante original) qual seja, a de que os elementos leves que existem hoje no Universo teriam sido fabricados durante as fases iniciais de um Universo em expansão. Esta idéia de nucleossíntese (síntese dos primeiros núcleos atômicos) marcaria o nascimento dos primeiros modelos de universos evolucionários e da atual teoria do “Big Bang” (este termo foi cunhado por F. Hoyle para sintetizar as teorias contrárias à sua idéia de um Universo Estacionário, com contínua criação de matéria).

No final dos anos quarenta, Alpher e R. Herman passam a considerar a existência de uma radiação de fundo remanescente do período da criação do Universo. Somente em 1964, dois radiastrônomos, A. Penzias e R. Wilson, trabalhando para a Bell Company, em Holmdel, usando uma antena de rádio (construída inicialmente no fim dos anos 50 para o programa de telecomunicações com o satélite ECHO), descobriram um ruído de fundo bastante incomum. Pensando tratar-se de uma interferência externa à antena, desmontaram-na e afugentaram um casal de pombos que havia se instalado em seu interior. No entanto, o ruído persistia em todas as direções às quais se dirigia a antena. Associaram a intensidade de radiação (na faixa dos 7 cm de comprimento de onda) à temperatura, estimada em cerca de 3 K (cerca de  $-270^{\circ}$  C). Finalmente, Penzias e Wilson associaram o ruído à radiação que banhava a antena e vinha de todas as direções do espaço, a um certo excesso de radiação difusa de origem extragaláctica.

Quase na mesma época da descoberta de Penzias e Wilson, R. Dicke e seus colaboradores, em Princeton (EUA), de forma completamente independente, baseando-se em modelos de Universos inflacionários, concluíram que o Universo deveria ter passado por vários ciclos de criação e destruição de elementos químicos. Assim, segundo estes cientistas, o Universo deveria ter passado por um estado de equilíbrio bastante quente, banhado por uma radiação bastante energética. Durante a evolução (inflação), esta radiação deveria ter se “resfriado”, sobrevivendo resquícios dela até os dias de hoje. J. Peebles avaliou esta radiação em torno a 10 K (cerca de  $-263^{\circ}$  C).

Estes dois estudos, de Penzias & Wilson e Dicke, Peebles, entre outros, conduziram a dois artigos publicados no *Astrophysical Journal*, onde os primeiros apresentaram o excesso de radiação detectado pela antena (em torno de  $3,5 \pm 1$  K), enquanto os segundos descreviam esta radiação como um resquício fóssil derivado de uma fase passada de um universo bastante quente e denso.

Devido a este trabalho, Penzias e Wilson, receberam o Prêmio Nobel de Física em 1978. Hoje poderíamos resumir assim o modelo do Big Bang (Grande Explosão).

A predição da radiação cósmica de fundo e a temperatura equivalente desta radiação são os dois pontos que freqüentemente são citados para explicar o sucesso da teoria do Big Bang. Outro ponto de “sucesso” é a predição da abundância de elementos leves presentes no universo primordial (nucleossíntese), especialmente hélio e deutério. Estes elementos, os primeiros formados após a separação de matéria e radiação, surgiram graças à expansão e, conseqüentemente, resfriamento do universo. Matéria e radiação formavam um todo, agrupados graças à existência de elétrons livres, que ionizava a matéria, aquecida a muitos milhares de graus. Porém, com o resfriamento do Universo, a ionização cessou, numa temperatura calculada em torno a 3.000 K. Neste momento, elétrons e prótons puderam se agrupar formando os primeiros núcleos de hidrogênio (o mais leve dos elementos), separando definitivamente a matéria da radiação. Com a subsequente expansão, a radiação resfriou-se até o valor atualmente conhecido (cerca de 2,7 K). Neste período, de recombinação, a matéria começa a reagrupar-se para a formação das galáxias, estrelas, nebulosas e das formas conhecidas de agrupamentos de matéria conhecidos hoje. Daquele momento até o presente, os fótons tiveram sua temperatura diminuída por um fator 1.000, rompendo o equilíbrio outrora existente entre radiação e matéria, mas mantendo, após o resfriamento, as propriedades da época do Universo primordial. Estas propriedades podem ser melhor resumidas pela característica essencial da radiação: aquela de um corpo negro, ou seja, quando matéria e radiação encontravam-se em estado de equilíbrio térmico, ambas apresentavam a mesma temperatura, como no interior de uma hipotética caixa, cujas paredes fossem tão densas que nada pudesse penetrá-las, caracterizando a temperatura da radiação dentro da caixa pela temperatura de suas paredes. Ocorre, portanto, um processo de absorção e emissão contínua da radiação presente, onde o bom absorvedor deve também ser um bom emissor. Assim, a radiação emitida é parcialmente absorvida para, logo em seguida, ser parcialmente emitida e assim, por diante. Tal idéia explicaria a radiação atualmente observada como um resquício fóssil da matéria extremamente densa e quente que se espalhava pelo universo primordial.

## A lei de Hubble e o desvio para o vermelho (redshift)

A lei de Hubble deve seu nome ao astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953) que, trabalhando com o telescópio de dois metros e meio do Observatório Monte Wilson, descobriu que, ao se observar galáxias distantes, um comportamento regular estava sempre presente, qual seja, a de um efeito que se podia associar àquele de uma velocidade de distanciamento da fonte (a Terra), e de que tal velocidade era proporcional à distância, ou seja, quanto mais distante a fonte observada, tanto mais veloz seu afastamento em relação a nós.

Para saber a velocidade e, principalmente, a distância de estrelas e galáxias relativamente vizinhas, os astrofísicos baseiam-se em observações de estrelas variáveis, conhecidas como *Cefeidas*. Estas estrelas variam sua luminosidade de forma periódica (em intervalos de alguns dias) e foram de grande interesse na Cosmologia, quando se descobriu que seus períodos poderiam ser associados às suas respectivas luminosidades absolutas. Uma vez estabelecida uma curva de luminosidade padrão (calibração) para as Cefeidas, uma simples medida permite avaliar a luminosidade absoluta e, portanto, a distância da fonte em estudo (lembrando que a luminosidade cai com a quarta potência da distância). Porém, por este método podemos medir distâncias até 1 Mpc (1 Megaparsec – *uma unidade parsec equivale a 3,26 anos-luz ou  $3,08 \cdot 10^{13}$  km*), ou melhor dizendo, até os limites do nosso grupo local de galáxias (que conta com mais ou menos uns vinte membros). Para distâncias superiores, devemos trabalhar com as estrelas conhecidas como *novas*, que são estrelas surgidas a partir de um evento catastrófico, onde a luminosidade é bruscamente aumentada e, depois, voltam às condições originais dentro de um intervalo de alguns dias. Como as novas são mais luminosas que as Cefeidas, elas podem ser vistas a distâncias muito maiores (cerca de 40 Mpc). Assim, a distância de milhares de galáxias pode ser medida.

Para galáxias mais distantes, não é possível distinguir estrelas individuais, falhando assim o método baseado na observação de estrelas novas. Outro método é então utilizado, baseando-se principalmente na observação de aglomerados de galáxias, onde é feita a hipótese de que neles, a galáxia mais luminosa tenha sempre a mesma luminosidade absoluta. Como as distâncias no aglomerado de Virgem são bastante conhecidas, pode-se avaliar a distância dos outros aglomerados a partir da medida da luminosidade aparente da galáxia mais brilhante de cada aglomerado. Assim, pode-se chegar a distâncias de  $7 \cdot 10^9$  anos-luz. Aqui temos verdadeiramente uma escala cosmológica (além de nosso grupo local). No entanto, é bom salientar que estas medidas sofrem muitas incertezas, e as discordâncias chegam a atingir um fator 2 entre os pesquisadores, que se justificam, por sua vez, sobre a própria interpretação das observações realizadas e no confronto entre os modelos cosmológicos.

Para a determinação da velocidade, os astrônomos atuais baseiam seus cálculos através dos deslocamentos das raias espectrais observados em estrelas e

galáxias a partir de um espectro padrão. Este método foi idealizado e sua regularidade descoberta pelo astrônomo Edwin Hubble em 1929. Hubble associou estes deslocamentos espectrais, que se davam, em quase sua totalidade, para a direção do vermelho do espectro (redshifts), a uma velocidade de recessão. Assim, como os espectros apresentavam sempre raias deslocadas para regiões de longos comprimentos de onda (e, conseqüentemente, baixas frequências), poder-se-ia imaginar que, num passado distante, estas linhas eram muito menos deslocadas, chegando, inclusive, a não haver deslocamento algum (redshift igual a zero) se, adotando a hipótese de um Universo em expansão, toda a matéria e radiação atuais estivessem concentradas em um ponto de densidade infinita (singularidade).

Na verdade, o deslocamento das raias espectrais (um fenômeno ótico) foi associado ao seu congênere sonoro, ou, como é mais conhecido, *efeito Doppler*. Todos nós já experimentamos a sensação do som agudo de uma ambulância que se aproxima (curto comprimento de onda = grande frequência sonora) e o som grave de quando ela se afasta de nós (grande comprimento de onda = pequena frequência sonora). Assim, associado a este efeito, a frequência de todo fenômeno oscilatório aparecerá mais alta ou mais baixa à medida que a fonte se avizinha ou se distancia do observador [o produto da razão do desvio espectral,  $\Delta\lambda$ , pelo comprimento de onda e da velocidade da luz  $c$ , nos dá, pois, o valor da velocidade  $v$  de afastamento ou de aproximação da fonte em estudo, ou:  $(\Delta\lambda/\lambda) = v/c$ , ou  $v = (\Delta\lambda/\lambda).c$ ]. A radiação de toda galáxia apresenta um espectro cortado por linhas escuras, conhecidas como linhas de absorção, cujas posições intrínsecas ao interno do espectro é bastante conhecida. Estas linhas são devidas a determinados íons ou átomos, e seus comprimentos de onda são conhecidos a partir de medidas realizadas em laboratórios. Como exemplo, podemos citar a primeira linha da série de Balmer do hidrogênio,  $H_\alpha$ , cujo comprimento de onda é bastante conhecido. Os astrônomos admitem que seja lícito assumir que o comprimento de onda das estrelas na galáxia não mudem, porque os átomos de hidrogênio são sempre estes gênio são sempre os mesmos.

Assim, o comprimento de onda  $\lambda_e$  (devemos lembrar que o comprimento de onda e a frequência,  $\nu$ , desta mesma onda relacionam-se de forma inversamente proporcional, ou seja,  $\lambda = v/\nu$ , onde  $v$  é a velocidade da fonte luminosa) da linha  $H_\alpha$  na luz da galáxia é a mesma que nós medimos em laboratório. Porém, se ao efetuarmos a medida, obtemos no espectroscópio um comprimento de onda  $\lambda_r$  (comprimento de onda recebido), que resulta ser sempre maior que o comprimento de onda emitido ( $\lambda_r > \lambda_e$ ). Devemos salientar que não podemos medir  $\lambda_e$ , mas associamos seu valor àquele do comprimento de onda da linha do hidrogênio  $H_\alpha$  no laboratório. Portanto, temos duas medidas: uma feita com base nas linhas espectrais dos elementos em

laboratório e outra do espectro da luz proveniente da galáxia ou estrela em estudo. De posse destes dois dados, podemos calcular o redshift  $z$  da galáxia, que vem dado por,

$$z = (\lambda_r - \lambda_e) / \lambda_e \quad (1)$$

A Lei de Hubble, enunciada sobre fatos empíricos (observacionais), pode ser enunciada da seguinte forma: *o redshift de uma galáxia é proporcional à sua distância*, ou,

$$v = H_0 \cdot D \quad (2)$$

onde  $v$  é a velocidade de recessão da galáxia,  $D$  é a distância da fonte desde a Terra e  $H_0$  é uma constante de proporcionalidade conhecida como *constante de Hubble*. Podemos perceber pela equação (2) que a constante de Hubble tem a dimensão do recíproco do tempo (t), ou,

$$H_0 = 1 / t \quad (3)$$

Vê-se, portanto, que a determinação do valor da constante de Hubble é de fundamental importância para a descoberta do ponto zero da criação do Universo, segundo o modelo do Big Bang. Atualmente  $H_0$  tem o valor estimado em cerca de 15 km/s por milhão de anos-luz, o que dá um tempo de aproximadamente 20 bilhões de anos, que seria a idade do Universo desde a expansão da singularidade inicial. Como a gravidade detém a expansão universal, este valor cai para o intervalo compreendido entre 12 e 15 bilhões de anos.

É importante salientar que o valor de  $H_0$  é ainda extremamente incerto e seria mais correto dizer que seu valor está compreendido entre 40 e 100 Km/s/Mpc. A incerteza sobre o valor exato de tal constante é parametrizada em Cosmologia, sendo escrito como  $H_0 = 100 h \text{ km/s/Mpc}$ , onde  $h$  é um parâmetro compreendido entre 0,4 e 1.

## Um quadro mais geral para o Big Bang

De posse de todos os dados fornecidos nas seções anteriores, podemos traçar um quadro geral para o modelo standard do Universo:

Há cerca de 15 bilhões de anos, o universo era um todo concentrado em uma singularidade de densidade e temperatura infinitas. As condições reinantes neste instante são tão extremas que a singularidade “explode” (o termo “explosão” não é o melhor, porque quando algo explode, a expansão dos gases e resíduos espalham-se através de um espaço já pré-existente; no caso do Big Bang, durante a expansão, o universo criou seu próprio espaço-tempo). A história do universo a partir deste momento crucial é caracterizada por uma sucessão de intervalos, correspondentes a temperaturas decrescentes com o passar do tempo, devido à expansão. Na “sopa cósmica” em expansão, a temperatura é tão elevada que impede a formação de qualquer

núcleo atômico mais simples. Os componentes da sopa são, basicamente, neutrinos, elétrons, pósitrons (antipartícula do elétron) e fótons. Estes se encontram em equilíbrio térmico, o que regula suas abundâncias relativas. À temperatura de  $10^{11}$  K (cem bilhões de graus) já começam a existir prótons e nêutrons estáveis que, porém, não contribuem apreciavelmente à densidade  $\rho$ , uma vez que seu número é bastante exíguo se comparado com outras partículas. Existem somente um próton ou um nêutron para cada bilhão de fótons, ou elétrons, ou pósitrons, ou neutrinos.

Um segundo após a grande explosão, os neutrinos desacopam-se, à temperatura de  $10^{10}$  K (dez bilhões de graus). Deste momento em diante, a temperatura dos neutrinos decrescerá na ordem de  $1/r$  com o aumento do raio do universo. As interações eletromagnéticas e as nucleares fortes agem a fim de manter o equilíbrio térmico entre prótons, nêutrons, pósitrons e fótons. Há cerca de  $6 \cdot 10^9$  K (seis bilhões de graus), colisões entre fótons produzem um par elétron-pósitron (devemos lembrar que no Universo atual não existem temperaturas desta ordem; como fator de comparação, lembramos que no interior do Sol a temperatura chega à ordem de  $1,5 \cdot 10^7$  K, ou, 15 milhões de graus). A frequência com que cada par partícula-antipartícula aniquila-se em dois fótons é quase igual à frequência na qual cada par de fótons da mesma energia transforma-se em um par partícula-antipartícula.

Deve-se dizer que, na hipótese da expansão, o Universo comporta-se como um gás, que se esfria à medida que a expansão prossegue. Após o ciclo inicial, extremamente quente, o Universo vai se resfriando através de sucessivos estágios de equilíbrio térmico, sem perda de calor, num processo característico de expansão adiabática, e não isotérmica.

A condição de equilíbrio térmico requer, portanto, que o número de partículas de todo tipo, cuja temperatura limite seja inferior à temperatura efetiva, equivalha quase ao número de fótons. Se o número de partículas é inferior àquele dos fótons, estes são criados mais rapidamente que quando são destruídos e o seu número sobe, e vice-versa. A temperaturas superiores a  $6 \cdot 10^9$  K, o número de elétrons e de pósitrons deve ser quase igual ao número de fótons, e pode-se deduzir, portanto, que em tal momento o Universo fosse composto prevalentemente de fótons, elétrons e pósitrons, e não somente de fótons. Seguindo este raciocínio, podemos pensar no Universo, em cada momento, como composto de uma variedade de tipos de “radiações”, sendo cada tipo característico para cada espécie de partícula cuja temperatura limite fosse inferior à temperatura cósmica de uma determinada época.

Num Universo eletricamente neutro, é necessário que o número de prótons  $n_p$  seja igual ao excesso de elétrons em relação aos pósitrons, ou seja,

$$n_p = n_{e^-} - n_{e^+} \quad (4)$$

Existe um pequeno excesso de elétrons com respeito aos pósitrons, que começam a aniquilar-se produzindo fótons energéticos que aumentam a temperatura dos fótons com respeito àquela dos neutrinos. Permanece ainda hoje esta diferença, com a temperatura dos fótons cerca de 1,5 vezes àquela dos neutrinos.

No final dos anos quarenta, G. Gamow e seus colaboradores observaram que as reações entre prótons e nêutrons primordiais, nas altas temperaturas do universo original, podiam produzir núcleos (nucleossíntese). Os núcleons foram divididos em cerca de 70% de hidrogênio, ou prótons, e 30% de  $^4\text{He}$ , este último, um isótopo do hélio e constituído de dois prótons e dois nêutrons, bastante estáveis.

Marques, em “O Início e o Fim” (Marques, 1997), escreve:

*“Em temperaturas muito altas, as quantidades relativas de prótons e nêutrons podem ser estimadas, determinando-se a temperatura do desacoplamento na qual ambos os tipos de partículas se comportam como se estivessem livres. Admitindo-se que as noções de mecânica estatística de equilíbrio possam ser utilizadas, podemos estimar que havia no universo seis prótons para cada nêutron. No entanto, abaixo dessa temperatura, o nêutron desacoplado começa a experimentar o chamado decaimento beta, pois é partícula instável. Tal processo tenderia a provocar, inclusive, o desaparecimento dos nêutrons, mas isto não ocorre porque, em temperaturas mais baixas eles formam estados ligados.”*

E continua Marques,

*“Deve-se precisar, portanto o intervalo de tempo decorrido entre o desacoplamento dos nêutrons e o início da síntese de núcleos. De posse deste dado e da estimativa média dos nêutrons, pode-se determinar quantos deles - em relação ao número de prótons - sobreviveram ao decaimento, tornando-se aptos a participar da formação dos núcleos. Na verdade, este cálculo também permitirá determinar o intervalo que separa a temperatura de desacoplamento e aquela na qual se inicia o processo de síntese dos núcleos.”*

Da física nuclear, podemos observar que o núcleo de deutério (*déuteron*), composto de um próton e um nêutron, com uma energia de ligação muito pequena, é facilmente dissociado pela ação dos fótons (devido ainda às altas temperaturas reinantes nas condições iniciais da expansão). Há cerca de um bilhão de graus, os dêuterons são mais estáveis e podem interagir entre si para a formação do  $^4\text{He}$ . Neste ponto, a nucleossíntese procede mais rapidamente e, quando o hélio é formado, apresentando

uma ligação bastante forte, não encontrará mais fótons capaz de dissociá-lo. Todos os nêutrons disponíveis são capturados para a formação do hélio.

Depois desta fase, quando a temperatura cai a valores inferiores a um bilhão de graus, deverá se passar um longo período até que se formem os primeiros átomos de hidrogênio, capazes de resistir ao efeito de dissociação pelos fótons ainda em excesso. Esta fase inicia-se cerca de 300 mil anos após a explosão da singularidade, quando a temperatura desce a cerca de 4.000 K. Neste momento, a matéria começa a existir em unidades eletricamente neutras e torna-se essencialmente transparente aos fótons. É o grande desacoplamento de fótons (radiação) e matéria. A pressão no Universo sofre uma brusca queda, tendo papel decisivo na formação das galáxias. Desta fase até o presente momento, o Universo se expandiu de um fator 1.000 (na razão de 4.000 K para os atuais 3 K da radiação cósmica de fundo).

A frequência dos atuais fótons presentes na radiação cósmica de fundo diminuiu daquela característica da temperatura à época da formação do hidrogênio atômico, numa proporção presente hoje nos diferentes valores dos redshifts (desvios para o vermelho) observados das galáxias.

## **Algumas interrogações**

Esta parte apresentará algumas das principais críticas ao modelo padrão de Universo inflacionário (Big Bang). A maioria delas jamais foi formulada amplamente pelos autores de livros de Cosmologia. Procuraremos fazer uma síntese dessas críticas, puntuando sobre os temas desenvolvidos na primeira parte deste artigo, quando foram apresentados os principais argumentos que sustentam a teoria do Big Bang.

## **Um Universo demasiadamente isótropo e homogêneo**

Na parte deste artigo, vimos que após 300 mil anos, houve o desacoplamento entre matéria e radiação, formando as estruturas galácticas e nebulosas que hoje povoam o Universo observável. Tal fato deveria ter imprimido na radiação cósmica de fundo certas flutuações de energia e, portanto, na frequência (devemos lembrar aqui as fórmulas de Planck,  $E = h \cdot \nu$ , onde  $E$  é a energia,  $\nu$  é a frequência e  $h$  uma constante de proporcionalidade, conhecida como constante de Planck) do espectro registrado hoje.

Com o desenvolvimento da teoria do modelo standard do Big Bang, os cosmólogos e astrônomos começaram a estimar o valor desta anisotropia, que deveria caracterizar o espectro da radiação de fundo.

Guth e P.J. Steinhardt escrevem em seu artigo *The Inflationary Universe* (Guth&Steinhardt, 1984) que,

*“Para dar conta da reunião de matéria em galáxias, aglomerados de galáxias, superaglomerados de aglomerados e assim por diante, um espectro de disomogeneidade inicial tem que ser considerado como parte das condições iniciais.”*

Adrian Webster em outro artigo, ainda mais antigo (Webster, 1974), escreve:

*“As medidas da uniformidade da radiação de fundo sobre escalas angulares muito pequenas têm o objetivo de revelar eventuais flutuações na densidade do gás ionizado em recombinação que se condensou nos aglomerados e nos superaglomerados de galáxias presentes no universo atual. A maior parte dos cálculos prevê que a não uniformidade esperada na luminosidade será muito pequena. Não é portanto tão surpreendente que ainda não tenha sido encontrada.”*

Narlikar apresenta em seu livro *Introduction to Cosmology* (Narlikar, 1983), na pág. 346, uma tabela sintética das medidas das anisotropias para pequenos ângulos do céu. A seguir, rerepresentamos a mesma tabela:

Frequência (cm) <sup>-1</sup>	Escala Angular (em arcos de minutos)	$\Delta T/T$	Observadores	Referências
0,090	10 – 20	$<1,5 \times 10^{-4}$	K.S. Stankevich	1974, Sov.Astron. 18, 126.
0,278	>2	$<7 \times 10^{-4}$	R.L. Carpenter, S. Gulkis e T. Sato	1973, Astrophys.J. 182, L 61.
0,0357	10	$<1,8 \times 10^{-3}$	E.K. Conklin e R.N. Bracewell	1967, Nature 216, 777
0,357	>5	$<8,0 \times 10^{-5}$	Yu.N. Parijskij	1978, IAU Symp. No. 79, 315
0,500	>1,25	$<7,0 \times 10^{-4}$	J.C. Pigg	1978, IAU Symp. No. 79, 317
1,03	7	$<8,0 \times 10^{-5}$	R.B. Partridge	1980, Astrophys.J. 235, 681
2,857	2	$<6 \times 10^{-3}$	A.A. Penzias, J. Schraml e R.W. Wilson	1969, Astrophys.J. 157, L 49
2,857	1,5	$<1,9 \times 10^{-3}$	P.E. Boynton e R.B. Partridge	1973, Astrophys.J. 181, 243
7,692	30	$<1,2 \times 10^{-4}$	N. Caderni, V. De Cosmo, R. Fabbri, B. Melchiorri, F. Melchiorri e V. Natale	1977, Phys.Rev. D16, 2424

*Tabela: Valores para as flutuações da radiação de fundo para pequenos ângulos.*

Narlikar, comentando esta tabela, escreve:

*“O fato de que  $\Delta T/T$  seja menor que  $\sim 10^{-5}$  em uma escala de uns poucos minutos de arco coloca dificuldades para as teorias de formação de galáxia. De acordo com nossa discussão [...], flutuações de temperatura maiores do que esta seriam observadas hoje nos resquícios da radiação. Por exemplo, a teoria detalhada de Sunyaev sobre a formação de galáxia como resultado de densidades de flutuação em  $z \sim 10^3$  prediz flutuações de temperatura maiores que os limites dados acima. Os limites presentes implicam que o universo estava muito longe de ser homogêneo no passado para ter iniciado a formação das galáxias.”*

Wilkinson [1986] prevê em seu artigo uma anisotropia para perturbações adiabáticas do Universo primordial da ordem de,

$$\Delta T/T \approx \Delta \rho / 3\rho \geq 3 \times 10^{-4}$$

Em 1989 foi lançado ao espaço o satélite COBE (Cosmic Background Explorer, *Explorador da Radiação Cósmica de Fundo*), para medir o grau de anisotropia presente na radiação de fundo. Na verdade, o COBE completaria as observações feitas em Terra e aquelas obtidas pelo satélite soviético RELICT. Em abril de 1992, o COBE revelou à comunidade científica o valor medido por seus sensíveis instrumentos: uma parte em cem mil ( $1 \times 10^{-5}$ ) na uniforme radiação cósmica de fundo.

Este resultado indicava que também as flutuações de densidade na distribuição de matéria deviam ser extremamente pequenas à época da passagem do estado de plasma para o estado em que radiação e matéria desacoplaram-se. Os cosmólogos do Big Bang encontravam-se, portanto, diante da necessidade de explicar como flutuações de densidade extremamente pequenas evoluíram até as estruturas visíveis hoje (galáxias, aglomerados de galáxias, superaglomerados, etc.).

Para poderem explicar tais flutuações, precisou-se usar um expediente bastante “discutível” em se tratando de ciência: um argumento *ad hoc* (os argumentos *ad hoc* sempre estiveram presentes na ciência, mas esta presença não pode sobrepujar os próprios fatos que fizeram erigir o paradigma, como é atualmente o caso da Cosmologia). O argumento, tirado da manga de uma camisa muito justa, foi aquele de apelar para a existência de uma matéria não observável, logo batizada de *matéria escura*. Porém, para tratar desta “questão escura”, devemos, primeiramente, inferir sobre um parâmetro muito importante na Cosmologia: a densidade média  $\rho_m$  da matéria. A densidade média vem, em geral, expressa pelo parâmetro  $\Omega$ , definido como

a razão entre a densidade média de matéria e a densidade crítica  $\rho_c$  necessária para “fechar” o Universo, ou seja, para interromper, assim, assintoticamente a expansão por causa da força gravitacional originada da matéria presente. Universos com  $\Omega < 1$  são abertos, expandindo-se indefinidamente (condenando o Universo, na visão dos cosmólogos do Big Bang, a uma morte pela extinção do calor nas estrelas), enquanto Universos com  $\Omega > 1$  são fechados e colapsam sobre si mesmos, num fenômeno postulado como “Big Crunch” (justamente o inverso do Big Bang – algo como a grande implosão ou o grande esmagamento). Universos com  $\Omega = 1$  são caracterizados por uma expansão que se interrompe no infinito, possuindo uma métrica plana.

Os valores de  $\Omega$  até agora são objetos de intenso debate nos meios científicos. Acontece que a densidade de matéria luminosa condensada nas galáxias é estimada em cerca de  $10^{-2}$ . Porém, aqui aparece um novo problema envolvendo as galáxias espirais. Pela lei de atração gravitacional newtoniana, as galáxias precisariam apresentar valores de velocidades nos braços espiralados diferentes daqueles observados. Para “explicar” mais este fato, nasce a idéia da matéria escura, que, invisível aos telescópios e radiotelescópios terrestres, envolveriam as galáxias espirais com uma espécie de halo material (escuro!). Admitindo a existência deste tipo de matéria, o valor de  $\Omega$  subiria para algo em torno a 0,2 ou 0,3.

Existe uma certa “preferência” para o modelo de universo com  $\Omega = 1$  (afinal, em um universo com 15 bilhões de anos, é necessário explicar porque a “expansão” ocorre até hoje), porém, associar a matéria escura somente àquela matéria bariônica que vemos nas galáxias é insuficiente. Num período precedente à época do desacoplamento (entre a radiação e a matéria), com temperaturas ainda mais elevadas, levanta-se como hipótese uma fase de transição de um plasma de prótons e nêutrons livres para um sistema composto de núcleos de hidrogênio, hélio, lítio e outros elementos leves. Mas, para que haja acordo entre a abundância prevista da teoria com aquela efetivamente observada, ocorre que a densidade de matéria bariônica não supere o valor máximo de  $\Omega \approx 0,1 - 0,2$ . Portanto, se a densidade de matéria no universo é maior que este valor, como é previsto do paradigma do universo inflacionário, e como é sugerido por certos fenômenos incorporados como “evidências dinâmicas”, seria necessário que a matéria escura fosse do tipo não bariônica. E é justamente aqui que entra o argumento *ad hoc* mais estranho em toda a teoria: a existência de matéria não bariônica conhecida pela sigla WIMPS (weakly interacting massive particles, *partículas massivas fracamente interativas*), jamais observada em laboratório, existente somente em ainda mais estranhas teorias de partículas elementares.

O casamento da Cosmologia com a Física de partículas elementares, aliado ao paradigma do Big Bang, tem distanciado fatos observacionais cada vez mais de sua realidade tangível. Hoje, partículas exóticas povoam o imaginário de cosmólogos. Do

Big Bang, necessitou-se pular para a idéia de um universo inflacionário, numa teoria elaborada por A. Guth (1984). Como no cenário previsto pelo Big Bang, a extrema uniformidade da CBR rendia o modelo absurdo, já que as flutuações de temperatura previstas, que passaram de valores de  $10^{-3}$  para  $10^{-5}$  eram extremamente pequenas. Assim, para dar conta desta dificuldade, Guth pensou num Universo com uma expansão excessivamente rápida, num fenômeno que ele denominou **inflação**. Segundo este modelo, os três primeiros minutos de Weinberg têm que ser recuados até um instante equivalente a  $10^{-30}$  segundos. Segundo Guth:

*“Para esta primeira fração de um segundo, o Universo teve um breve período extraordinariamente rápido de inflação, ou expansão, durante o qual seu diâmetro cresceu de um fator talvez de  $10^{50}$  vezes mais daquilo que imaginávamos. No curso deste extraordinário crescimento toda a matéria e energia no Universo poderiam ter sido criados virtualmente do nada. O processo inflacionário tem também importantes implicações para o Universo presente. Se o novo modelo estiver correto, o Universo observado é somente uma parte muito pequena de todo o Universo.*

*O modelo inflacionário tem muitas coisas em comum com o modelo padrão do big bang. Em ambos modelos o Universo começou entre 10 e 15 bilhões de anos como uma bola de fogo de extrema densidade e temperatura, e então começou a expandir-se e a esfriar-se desde então. Este quadro teve muito sucesso em explicar muitos aspectos do Universo observado, incluindo os desvios para o vermelho da luz das galáxias distantes, a radiação cósmica de fundo e a abundância primordial dos elementos mais leves. Todas estas predições dão conta do que aconteceu após o primeiro segundo, quando os dois modelos coincidem. Até cinco anos atrás existiram poucas argumentações sérias para descrever o Universo durante seu primeiro segundo. Imagina-se que a temperatura neste período superava os 10 bilhões de graus Kelvin, e muito pouco era conhecido sobre as propriedades da matéria sob tais condições. Baseados sobre os recentes desenvolvimentos na física das partículas elementares, os cosmologistas estão agora tentando compreender a história do universo antes de  $10^{-45}$  segundos depois de seu início. (Mesmo no período ainda mais remoto, a densidade de energia teria sido tão grande que a teoria da relatividade geral de Einstein teria de ser substituída por uma teoria quântica da*

*gravidade, que está longe de existir). Quando o modelo padrão do big bang é estendido para os tempos mais remotos, vários problemas aparecem. Primeiro, torna-se claro que o modelo exige um número de clamorosas e inexplicáveis suposições sobre as condições iniciais do universo. Além do mais, a maioria das novas teorias de partículas elementares implica que o modelo padrão levaria a uma superprodução de partículas exóticas chamadas monopólos magnéticos (que corresponderiam a um pólo sul e um pólo norte isolados).*

*O modelo inflacionário foi inventado para suplantando estes problemas. As equações que descrevem este período de inflação têm uma característica muito atraente: de que quase todas as condições iniciais evoluem precisamente para o estado que era assumido como condição inicial do modelo padrão. Além do mais, a densidade predita de monopólos magnéticos torna-se pequena o suficiente para estar consistente com as observações. No contexto dos mais recentes desenvolvimentos na teoria de partículas elementares, o modelo inflacionário parece ser uma solução natural dos problemas do big bang.”*

Pelo longo trecho inicial citado acima, vê-se que as dificuldades encontradas na expansão linear (e lenta!) do Big Bang padrão são eliminadas por uma inflação extremamente veloz, capaz de descrever quadros de densidade de partículas exóticas (monopólos magnéticos, gravitinos, axions, neutrinos pesados, WIMPs, etc.) tão baixos que jamais serão detectados por experimentos ou observatórios terrestres!

Neste quadro inflacionário, um universo de  $\Omega = 1$  é assumido como condição inicial, mesmo que a densidade observada esteja muito distante deste número, como vimos em precedência, tornando o Universo tridimensionalmente plano (onde vale a geometria euclidiana) e resolvendo o problema do Big Crunch (“grande implosão”) e da expansão eterna (curvatura negativa – hiperbólica – com o Universo se “fechando” sobre si próprio). No entanto, para descrever a extrema uniformidade da CBR, o modelo procura resolver aquilo que é conhecido como o *problema do horizonte*. Poderíamos resumir este problema como se segue:

Considere um gás em uma caixa. Se você adicionar energia a um dos lados da caixa, a temperatura sobe. Mas isto leva um certo tempo, que é aquele necessário para as partículas do gás transmitirem a informação sobre a adição de energia, movendo-se ao redor a uma grande velocidade média. Um tempo finito decorre antes destas colisões terem levado a informação, através da caixa, sobre a energia que foi adicionada a ela. Agora, imagine que esta caixa expanda-se muito mais rápido que e as

partículas que estão dentro dela. Então, somente uma pequena região da caixa encontrará a energia adicionada, e esta parte terá uma temperatura diferente do restante da caixa. A informação mais rápida é aquela comunicada pela velocidade da luz. No Universo extremamente primordial, as regiões se expandiram tão velozmente que foram rapidamente e largamente separadas. Agora, em um dado tempo, um sinal de luz pode viajar até uma certa distância máxima, chamada de *distância do horizonte*. Por exemplo, depois de um segundo, a luz deveria ter viajado somente um segundo de tempo, para uma distância de horizonte de 300.000 Km. Já as regiões do universo foram separadas quase 100 vezes mais esta distância. Como poderiam estas regiões terem evoluído à mesma temperatura, quando elas não se comunicavam entre si? Este é o problema do horizonte (v. Zelik, 1993).

O modelo do Universo inflacionário resolve este problema pela inflação. O universo evolui de uma região muito menor (por  $10^{50}$  ou mais) que aquela do Big Bang padrão. Antes da era inflacionária começar, o universo é muito menor que sua distância de horizonte. Tudo atinge a mesma temperatura. Então, a inflação torna tudo maior, preservando a temperatura uniforme. Desta forma, a CBR é muito uniforme no passado e hoje.

Para levar a cabo tal modelo, são necessárias teorias de partículas elementares conhecidas como GUT (Grand Unified Theory) e SUSY (Super Symmetries). Especialmente a primeira (que na verdade são inúmeras teorias que se abrigam sobre este nome, mas que querem a unificação física de todas as forças, gravitacional, eletromagnética e nuclear – um velho sonho de Einstein), exige uma quebra de simetria durante a transição do universo em uma temperatura crítica de aproximadamente  $10^{27}$  graus. Toda a física atual baseia-se sobre princípios de conservação e aqui um dos mais importantes é o princípio de conservação bariônica (essencialmente prótons e nêutrons), onde o número de bárions menos o número de antibárions não devem mudar (é importante aqui a questão do pequeno excesso de matéria sobre antimatéria que equilibrou o cosmos naquilo que ele é hoje representado por suas galáxias). No entanto, a GUT requer uma quebra de simetria, ou seja, o próton, por exemplo, deve decair, com uma vida média estimada em  $10^{31}$  anos (hoje esta estimativa já foi mudada para  $10^{33}$  anos, já que, após um experimento para se detectar tal decaimento, depois da explosão de uma supernova, não foi detectado nada!).

Na parte final de seu artigo, Guth e Steinhardt salientam:

*“De um ponto de vista histórico, provavelmente o aspecto mais revolucionário é a noção de que toda a matéria e energia no universo observável poderia ter emergido de quase nada”.*

Tal afirmação deveria ser seguida da característica frase: “acredite se quiser”!!!

Uma outra coisa que deve ser dita sobre teorias estranhas, como a GUT e a SUSY (nome estranho para uma teoria...) é a de que os atuais aceleradores (e mais potentes) de partículas atingem energias de aproximadamente  $10^3$  GeV, enquanto que os níveis de energia verificáveis para as citadas teorias estão na ordem de  $10^{15}$  a  $10^{17}$  GeV. Seria quase correto dizer que são teorias que jamais serão verificáveis em laboratórios terrestres ou mesmo em eventos astrofisicamente catastróficos (supernovas). Quando Gamow lançou suas primeiras idéias de um Universo em expansão, ele usava leis da física conhecidas (para um tempo de cerca de 200 segundos). Hoje, tem-se um quadro formado para um universo de cerca de  $10^{-45}$  segundos!

Além de todos estes problemas, a GUT e a SUSY, com a adição de partículas exóticas (fotinos, gravitinos, axíons) e com neutrinos pesados (nunca observados!), tendem a diminuir a idade do universo (que é calculado segundo a fórmula:  $t=(2.H_o)/3$ ), o que dá um universo com cerca de  $9 \times 10^9$  anos, ou seja, bastante inferior ao da idade das galáxias de dos aglomerados globulares, estimados entre  $10 \times 10^9$  e  $18 \times 10^9$  anos (um universo, portanto, mais jovem que suas estrelas! – sobre este tema, trataremos na próxima seção). Além disto, estas teorias introduzem muitas irregularidades na distribuição das galáxias e colocam problemas para a síntese do Hélio primordial (em relação a isto, existem teorias que dão conta da existência da quantidade atual de Hélio, imaginando processos que seriam produzidos por campos magnéticos galácticos, raios cósmicos e pela própria luz estelar).

Um outro problema é aquele da extrema uniformidade da CBR, onde praticamente inexitem traços do processo de formação de galáxias, aglomerados e superaglomerados, fazendo com que o Big Bang passe a adotar um processo isotérmico (onde haveria uma flutuação de temperatura muitíssimo pequena) de formação de tais estruturas, ao invés de um genuíno e esperado processo adiabático (onde não é cedido calor ao gás), que deixaria uma flutuação de temperatura muito ampla no espectro da CBR.

É interessante notar como a questão do universo inflacionário está arraigada quase como verdade científica nos meios atuais de divulgação da ciência. Para citar um exemplo brasileiro, lemos no caderno de ciência da “Folha de S. Paulo”, num artigo intitulado “O Enigma da Singularidade Inicial”, de Marcelo Gleiser, a seguinte pérola:

*“Uma das questões mais fascinantes da cosmologia é também a mais difícil de ser abordada: a questão da singularidade inicial, da*

*origem de tudo. A origem do universo, do tempo, do espaço e da matéria. (...) À primeira vista, a singularidade inicial parece ser algo que não pode ser compreendido racionalmente por meio de um discurso puramente científico. Mas vamos com calma (sic). Durante o século 20, todo um novo universo físico nos foi revelado pelo estudo dos átomos e das partículas elementares. (...) Se ignorássemos o que nos ensinou a mecânica quântica, chegaríamos eventualmente na singularidade inicial, na qual todas as distâncias entre todos os pontos chegariam a zero; o Universo deixaria de existir, com a singularidade engolindo o próprio espaço e o tempo. (...) Portanto, a existência da singularidade inicial não deve ser interpretada como uma barreira absoluta do conhecimento, mas como um ponto em que a descrição do Universo como um todo deve ser feita através de um casamento entre a mecânica quântica e a relatividade geral. (...) O enigma da singularidade inicial persiste, talvez menos misterioso do que no passado, mas igualmente inescrutável no presente.”*

Pelo artigo vê-se uma ansiedade muito grande na explicação física da singularidade, baseado em teorias (quântica e relatividade geral) físicas. É o novo mecanicismo, inaugurado por Descartes, pelos newtonianistas e pelo positivismo. De modelo e teorias várias, o Big Bang e sua surpreendente singularidade passam a ser encaradas como indexadoras de uma realidade última, somente parcialmente inescrutável (até o presente!).

No livro de popularização científica de J. Gribbin, intitulado “No Início: Antes e Depois do Big Bang” (Gribbin,1995), o autor “filosofa” (pp. XIII-XIV) em seu Prólogo:

*“O conjunto dessas descobertas [relativas ao Big Bang] nos conduz à idéia de que nosso Universo pode ser apenas um entre incontáveis universos, e, em certo sentido, todos eles estão competindo entre si pelo direito de existir. Então, seria possível que as regras dessa competição fossem semelhantes às regras da competição entre as espécies aqui na Terra, no sentido de Darwin? Será que o nosso Universo está vivo, e será que evoluiu mediante seleção natural?”.*

O trecho escolhido é tão claro sobre a certeza na criação, que o autor procura comparar a criação da vida na Terra com aquela enfrentada por universos

rivais. Cria-se pois uma “Teoria do Tudo”, onde tudo é possível e, obviamente, sabemos que onde tudo pode, nada também pode.

Para terminar esta seção com mais outro trecho de um autor bastante popular de ciência, citamos H. Reeves, em seu “Um Pouco Mais de Azul” (Reeves, 1986) que, ao menos, encara as dificuldades do modelo padrão, apesar de aceitá-lo quase como certeza:

*“Ninguém até agora soube estabelecer uma teoria coerente que incorpore simultaneamente a teoria geral da relatividade de Einstein e a mecânica quântica. Não sabemos sequer se tal teoria é possível. Para disfarçar a sua ignorância, o astrofísico afirma, então, que no instante  $10^{-43}$  segundos o universo ‘nasceu’...”. (p. 241).*

Retornando à questão da singularidade, que é afinal o objetivo da moderna cosmologia e da física de partículas elementares, dominadas pela estranha e exótica teoria de um universo criado a partir de um ponto sem dimensão, com temperatura, pressão e densidade infinitos, é interessante finalizar esta seção com a interrogação de P. Marmet colocada no artigo anterior:

*“... o modelo do Big Bang lida com um átomo primordial contendo toda a massa do Universo concentrada em um volume próximo de zero. Este átomo primordial representa o exemplo mais extremo de um buraco negro que podemos imaginar. Uma vez que sabemos que nada é emitido de buracos negros, como pôde o átomo primordial expandir-se?” (Marmet, 1991).*

## **O Universo em Crise e o Conflito Cosmológico**

O título desta seção reproduz os curtos artigos de C. J. Hogan, publicado em 29 de setembro de 1994, e de G.H. Jacoby, publicado em 27 de outubro de 1994, na revista “Nature” comentando, respectivamente, os artigos: “The Hubble Constant and Virgo Cluster Distance from Observations of Cepheid Variables” (de M.J. Pierce et al, 1994) e “Distance to the Virgo Cluster Galaxy M100 from Hubble Space Telescope Observations of Cepheids” (W.L. Freedman et al, 1994), sobre as novas estimativas para a constante de Hubble a partir de dois pontos de observação distintos (Telescópio de Mauna Kea, no Havaí, e o Telescópio Espacial Hubble). O primeiro autor destaca, no artigo de Pierce et al., o seguinte:

*“O alto valor de  $H_0$  [ constante de Hubble encontrada =  $87 \pm 7 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  ] tem um impacto significativo sobre a teoria cosmológica, muito mal recebida pelos teóricos conservadores. De início, um alto  $H_0$  cria dificuldades com as teorias de formação de estrutura, decrescendo a escala característica associada com a época na qual o Universo tornou-se dominado pela matéria; assim, a escala de coerência predita da estrutura cósmica é reduzida abaixo daquilo que é observado.*

*O maior problema, no entanto, é com a idade do Universo, predita pelo Universo favorito, dominado pela matéria e geometricamente plano, com  $2/(3 H_0)$  ou  $7 \times 10^9$  anos para  $H_0 = 87 \pm 7 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ , e somente a metade da mais curta estimativa das mais velhas estrelas. Mesmo um modelo de universo aberto não pode remover completamente esta discrepância, forçando ou a uma revisão das idades estimadas ou a introdução de uma “constante cosmológica” nas equações de movimento da relatividade geral – o equivalente da autogravitação do espaço vazio. Com conseqüências tão importantes, o debate parece continuar.”*

O segundo autor aponta:

*“[Pierce e Freedman] indicam que o Universo é mais jovem que suas estrelas mais velhas, uma aparente impossibilidade que forçará um reexame de nosso modelo de Universo e de como as idades estelares são medidas. /../) Vivemos um tempo de crise, que nos forçará a aceitar alguma coisa nova sobre as idades das estrelas ou a natureza do Universo.”*

Realmente, os dois artigos citados, de Pierce et al. e Freedman et al., são divisores de água no completo descrédito do modelo padrão do Big Bang e de sua emenda, o modelo inflacionário. Ambos artigos, recorrendo a objetos distintos (um à galáxia NGC 4571, no aglomerado de Virgem, e outro da galáxia espiral M100, também no mesmo aglomerado), obtêm valores para  $H_0$  bastante próximos um do outro:  $87 \pm 7 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ , no trabalho de Pierce, e  $80 \pm 17 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ ). O primeiro, no modelo de universo em expansão de Einstein-de Sitter (onde a idade do Universo é de  $2/3$  de  $H_0$ ), fornece uma idade para o Universo em torno a  $7 \times 10^9$

anos, enquanto o segundo, a expande para meros  $8 \times 10^9$  anos! Podemos notar claramente o quão distantes estão estas estimativas daquelas exigidas para um Universo inflacionário. No entanto, os teóricos do Big Bang parecem virar as costas para esta evidência. Podemos notar tal atitude (de toda, muito anticientífica) nas palavras de um conhecido cosmologista italiano, Melchiorri (1995):

*“Este alarme [ desencadeado após os trabalhos de Pierce e Freedman] é bastante infundado, assim como não há sentido a refutação de alguns contra o Big Bang. A validade desta teoria se apóia sobre provas que não têm nada a ver com o valor da constante de Hubble, mas sim com a medida da radiação cósmica de fundo a 3 graus kelvin, confirmada com extraordinária precisão nas últimas medidas do satélite COBE, e a abundância dos elementos químicos primordiais. Aquilo que se pode discutir é eventualmente a simplicidade do modelo (sic), que poderia revelar-se talvez mais complexo do que se previa, como as mesmas medidas do COBE parecem indicar.”*

A mesma linha de defesa é seguida por teóricos que vêm em cada fato observacional conflitante (e quase todos o são), um desafio para uma correção profunda na teoria e para a elaboração de novos argumentos *ad hoc's*, com a invenção de mais partículas exóticas, supercordas cósmicas, cenários físicos absolutamente não testáveis, etc.

Vejamos o que dizem os autores dos artigos que provocaram estas reações. Pierce et al. concluem o artigo com:

*“As correspondentes idades de expansão para o Universo são  $11,2 \pm 0,9$  Giga-anos e  $7,3 \pm 0,6$  Giga-anos para  $\Omega = 0$  e 1, respectivamente. Estes valores, sabe-se bem, estão em conflito com as idades dos aglomerados globulares galáticos pobres em metal (por exemplo,  $16,5 \pm 2$  Giga-anos) e uma cosmologia inflacionária com constante cosmológica zero. A origem deste aparente paradoxo não parece atribuível a dados observacionais.”*

Freedman et al. são também taxativos:

*“Este ‘conflito de idade’ sugere que ou o modelo cosmológico padrão precisa ser revisto, ou as teorias presentes (ou observações) sobre evolução estelar e galáctica precisam ser reexaminadas.”*

Mais recentemente, num artigo intitulado “Uma Velha Galáxia em um Jovem Universo” (R.C. Kennicutt Jr, 1996), é encontrado um conflito cosmológico com repseito à galáxia 53W091 (encontrada por J. Dunlop et al., 1996). Estes últimos escrevem:

*“Obviamente, o modelo Einstein-de Sitter está em dificuldade, e mesmo em um Universo de baixa densidade uma idade  $> 3$  Giga-anos em  $z = 1,55$  requer um desvio para o vermelho de formação  $z_f > 4 \dots$ ”.*

Pelos trabalhos citados (todos editado pela renomada “Nature”), vê-se que há um acumular de provas bastante conflitantes contra o quadro descrito por qualquer teoria inflacionária do Universo. No entanto, prevalecem entre os teóricos uma nada saudável atitude de avestruz, insistindo com um modelo problemático desde o seu início (sem jogo de palavras...).

O volume 340 da revista “Nature” nos brindou, em sua seção “News and Views”, com um curto artigo de seu ex-editorialista John Maddox (p. 425), intitulado “Abaixo o Big Bang” (“Down with the Big Bang”). Nele, Maddox comenta o artigo de Lynden-Bell et al. (1989), no qual os cálculos mostram que “*a menos que a densidade média do universo seja tão grande que a presente fase expansionista seja detida, o Big Bang não poderia ter sido um simples ponto no espaço-tempo...*”. Maddox finaliza seu bombástico ponto de vista com um corajoso parágrafo final:

*“É impensável que o lançamento do Telescópio Espacial Hubble possa ser ainda mais atrasado, e é bastante improvável que a década sucessiva permitirá a persistência das presentes visões de como o Universo é construído. O Big Bang mesmo é o ápice de uma cadeia de inferências que não deu até o momento nenhuma explicação para os quasars e fontes de conhecidas massas escondidas no Universo. Será uma surpresa se algo sobreviver ao telescópio Hubble.”.*

É bastante profética a última afirmação de Maddox, já que o artigo de Freedman sobre a M100 no aglomerado da Virgem baseou-se nos resultados obtidos pelo Telescópio Espacial Hubble e, em 1994, quatro anos após o início da “próxima década” (para a época: a década de 90)!!!

Para terminar esta seção, reproduzimos aqui um trecho do interessante artigo de J-M. Levy-Leblond, intitulado “Qui a Peur du Big Bang?: Les Limites de L’Infini”, que adiciona algo novo ao debate cosmológico:

*“Quando se resfria um corpo, não podemos descer abaixo de -273,15 graus /.../. Se pode perceber que não podemos descer abaixo desta temperatura, simplesmente porque não se pode atingi-la. Apesar do valor numérico da temperatura ser finito, ele é de fato uma grandeza conceitualmente infinita. Cinqüenta anos mais tarde, o mesmo problema apareceu com a velocidade da luz. Ela não pode ser atingida por um objeto massivo, por uma avião, um elétron, etc. Porque utilizamos instrumentos de medida e unidades contingentes, nós encontramos um valor finito. Mas, na realidade, é um infinito. O mesmo vale para a idade do Universo: pode-se afirmar que o Universo há vinte bilhões de anos – é uma medida convencional – e dizer que sua idade é infinita – é uma significação profunda, conceitual da teoria. /.../ Esta conjunção de um número infinito, nós temos a experiência com um horizonte e os físicos a reencontram com os limites da temperatura e da velocidade da luz. /.../ Precisa-se sair da falsa idéia de que o Big Bang seria um instante. O Big Bang é uma fase, a fase mais explosiva da vida do Universo, que começou em um tempo infinito e, deste ponto de vista, de que o Universo sempre existiu.”*

## **Considerações Finais**

Este artigo procurou mostrar as incongruências da atual teoria do Big Bang e de seus nós epistemológicos. Infelizmente, esta teoria, com muito de ficção científica, está atolada num mar de argumentações *ad hoc*'s. Pode provar tudo, até o que era outrora discordante. Recordemos aqui o que diz Lakatos (1979, pp. 121-122):

*“A história é a respeito de um caso imaginário de mau comportamento planetário. Valendo-se da mecânica de Newton, da sua lei de gravitação, (N), e das condições iniciais aceitas, I, um físico da era pré-einsteiniana calcula o caminho de um planetazinho recém-descoberto, p. Mas o planeta desvia-se da trajetória calculada. O nosso físico newtoniano considera, acaso, que o desvio era proibido pela teoria de Newton e, portanto, uma vez estabelecido, refuta a teoria N? Não. Sugere que deve existir um planeta p', até então desconhecido, que perturba a trajetória de p. Calcula a massa, a órbita, etc., desse planeta hipotético e, em seguida, pede a um astrônomo experimental que teste a sua hipótese. O planeta p' é tão pequeno que nem o maior dos*

*telescópios disponíveis pode observá-lo: o astrônomo experimental solicita uma verba de pesquisa a fim de construir um telescópio ainda maior. Em três anos o novo telescópio fica pronto. Se o planeta p' fosse descoberto seria saudado como uma nova vitória da ciência newtoniana. Mas não o é. Porventura o nosso cientista abandona a teoria de Newton e sua idéia do planeta perturbador? Não. Sugere que uma nuvem de poeira cósmica esconde o planeta de nós. Calcula a localização e as propriedades dessa nuvem e solicita uma verba de pesquisa para enviar uma nave ao espaço a fim de pôr à prova os seus cálculos. Se os instrumentos do satélite (possivelmente instrumentos novos, baseados numa teoria pouco testada ainda) registrassem a existência da nuvem hipotética, o resultado seria saudado como uma vitória extraordinária da ciência newtoniana. Mas a nuvem não é encontrada. Por acaso o nosso cientista abandona a teoria de Newton, juntamente com a idéia do planeta perturbador e a idéia da nuvem que o esconde? Não. Sugere a existência de um campo magnético naquela região do universo que perturbou os instrumentos do satélite. Um novo satélite é enviado ao espaço. Se o campo magnético fosse encontrado, os newtonianos comemorariam o encontro como uma vitória sensacional. Mas ninguém o encontra. Isto é considerado como uma refutação da ciência newtoniana? Não. Ou se propõe uma engenhosa hipótese auxiliar ou ... toda a história é sepultada nos poeirentos volumes das publicações especializadas, e nunca mais se toca no assunto”.*

Substituindo os newtonianos da história de Lakatos pelos “Big-Banguistas”, o curso da cosmologia moderna segue o mesmo triste enredo. Comparando a teoria com uma sinfonia, podemos dizer que a *Big Band* do *Big Bang* está desafinando, ou porque a partitura foi mal escrita, ou porque os instrumentos da orquestra, apesar de estarem afinados em seu “lá” fundamental, erraram a frequência básica, e, assim, o som deixou de ser agradável para se transformar num doloroso e monocórdico ruído que já começa a incomodar...

## **Bibliografia**

DUNLOP, J. et al., “A 3.5-Gyr-Old Galaxy at Redshift 1.55”, *Nature*, vol. 381, 1996, 581-584).

- FREEDMAN, W.L., “Distance to the Virgo Cluster Galaxy M100 from Hubble Space Telescope Observations of Cepheids”, *Nature*, v.371, 1994, 757-762.
- GLEISER, M., *O Enigma da Singularidade Inicial*, Folha de S. Paulo, 1997.
- GRIBBIN, J. *No Início: Antes e Depois do Big Bang*, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995.
- GUTH, A. and STEINHARDT, P.J., “The Inflationary Universe” *Scientific American*, v. 250, n. 5, may 1984, 90-102.
- HOGAN, C.J. *Nature*, v. 371, 1994, p. 374-375.
- JACOBY, G.H., *Nature*, v. 371, 1994, p. 741-742.
- KENNICUTT Jr., R.C., “An Old Galaxy in a Young Universe”, R.C. Kennicutt Jr, in: *Nature*, vol. 381, 1996, 555-556.
- LAKATOS, I., *O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica*, in: LAKATOS, I. & MUSGRAVE (orgs.), “A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento”, Cultrix, São Paulo, 1979.
- LÈVY-LEBLOND, J-M., *Qui a Peur du Big Bang?: Les Limites de L’Infini*, Nice, 1994.
- LYNDEN-BELL et al., *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **239**, 201, 1989.
- MADDOX, J., “Down with the Big Bang”, *Nature*, 1989, 425.
- MARMET, P., “A New Mechanism to Explain Observations Incompatible with the Big Bang”, *Apeiron Journal*, Canada,, ns. 9-10, 1991, 45-53.
- MARQUES, “O Início e o Fim”, *Ciência Hoje*, v.6, n.33, jul.97, 32-40.
- MELCHIORRI, *Sapere*, Febbraio 1995, p. 88.
- NARLIKAR, *Introduction to Cosmology*, Jones and Bartlett, Inc., Boston, 1983.
- PIERCE, M.J. et al., “The Hubble Constant and Virgo Cluster Distance from Observations of Cepheid Variables”, *Nature*, v. 371, 1994, 385-389.
- REEVES, H., *Um Pouco Mais de Azul*, Ed. Martins Fontes, São Paulo, 1986.
- WEBSTER, A., “La Radiazione Cosmica di Fondo”, *Le Scienze*, n. 76, dic. 1974, 191-199.
- WILKINSON, D.T., “Anisotropy of the Cosmic Blackbody Radiation”, *Science*, v.232, 20 june 1986, 1517-1522.
- ZELIK, M., *Conceptual Astronomy*, Von Hoffman Press, USA, 1993, 407-408.