



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

OBSERVAÇÃO: VOLUNTÁRIA E INVOLUNTÁRIA

Neste artigo, apresentaremos alguns exemplos de experiências nas quais se destacam uma correlação entre observações. Estas, segundo o filósofo austríaco Sir Karl Raymund Popper (1902-1994) em seu livro **O Conhecimento Objetivo** (Editora Itatiaia/EdUSP, 1975), a **observação** (O) pode ser: **voluntária** (OV) e **involuntária** (OI). A OV ocorre quando o **observador** analisa certo **fenômeno** (*natural* e/ou *artificial*) dentro de seu **horizonte de expectativas** (HE) que se constitui na soma total de suas expectativas conscientes ou sub(in)conscientes. Por exemplo, nas experiências diárias realizadas em laboratórios de pesquisas ou mesmo didáticos (hoje, muitas destas experiências são realizadas usando computadores e os aplicativos computacionais, disponíveis na INTERNET) vários de seus resultados são reproduzidos constantemente ou novos resultados esperados são conseguidos. Por outro lado, a OV poderá não corresponder ao HE de quem a observa, o que ocorrerá quando um resultado novo não-esperado for conseguido e, neste caso, diremos que houve uma OI, também conhecida como **descoberta acidental** (DA) ou **serendipidade** (D-S). Registre-se que este nome deriva de uma estória que é contada em versões diferentes de acordo com o narrador. Neste artigo, usaremos a versão encontrada no livro do patologista australiano William Ian Beardmore Beveridge (1908-2006): **Sementes da Descoberta Científica** (T. A. Queiroz/EdUSP, 1981). Segundo esse autor, a palavra **serendipidade** ("serendipity") foi inventada pelo escritor inglês Horace Walpole (Conde de Orford) (1717-1797), em 28 de janeiro de 1754, em carta que escreveu a um amigo, para representar descobertas **acidentais**. Para tal, ele se baseou em um conto persa de fadas: - *A Princesa de Serendip, antigo nome do Ceilão* (hoje: Sri Lanka), *tinha três príncipes pretendentes e a cada um incumbiu uma tarefa impossível: fracassaram todos os três, mas, no decorrer de seus heroicos esforços, cada qual, no entanto, fez descobertas afortunadas e inesperadas, por mero acidente.*

Antes de registrarmos algumas experiências nas quais existe uma correlação entre as OV e OI, vejamos o **Princípio da Incerteza** (PI), proposto pelo físico alemão Werner Karl Heisenberg (1901-1976; PNF, 1932) - *É impossível obter exatamente os valores simultâneos de duas variáveis, a não ser dentro de um limite mínimo de exatidão*, apresentado, em 1927, em dois artigos intitulados: 1) **Sobre o Conteúdo Ideológico da Cinemática e da Dinâmica Quânticas** (*Zeitschrift für Physik* **43**, p. 172); 2) **Sobre os Princípios Básicos da “Mecânica Quântica”** (*Forschungen und Fortschritte* **3**, p. 83). Vejamos com ele chegou ao PI.

Em 1926, Heisenberg tornou-se assistente do físico dinamarquês Niels Hendrik David Bohr (1885-1962; PNF, 1922) que criou e dirigia o *Instituto de Física Teórica* (IFT) (hoje, *Instituto Niels Bohr*), em Copenhague. Como Bohr, em 1913 (*Philosophical Magazine* **26**, pgs. 1; 476; 857), formulou o famoso **Modelo Atômico Quântico**, no qual os elétrons (em órbitas estacionárias distintas), giravam em torno do núcleo, no começo de 1927, Heisenberg e Bohr discutiam, naquele Instituto, como seria a trajetória de um elétron em uma **câmara de névoa** ou de **Wilson** [dispositivo inventado, em 1911 (*Proceedings of the Royal Society of London* **A85**, p. 285), pelo físico escocês-inglês Charles Thomson Rees Wilson (1869-1959; PNF, 1927) e que permitia visualizar, usando fotografias, as partículas α (núcleo do hélio - He) e β (elétrons) emitidas por substâncias radioativas] por intermédio do formalismo matemático da **Mecânica Quântica Ondulatória**. Esta havia sido inicialmente elaborada, em 1926 (*Zeitschrift für Physik* **35**, p. 557), por Heisenberg e os físicos alemães Max Born (1882-1970; PNF, 1954) e Ernst Pascual Jordan (1902-1980) e desenvolvida pelo físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961; PNF, 1933), também em 1926 [*Annalen der Physik (Annales de Physique Leipzig)* **79**, p. 361; 489; 734; **80**, p. 437; **81**, p. 109; *Physical Review* **28**, p. 1049], que a sintetizou na célebre **Equação de Schrödinger**: $H\psi(r,t) = i\hbar \partial\psi(r,t)/\partial t$ ($\hbar = h/2\pi$) onde H é o **operador hamiltoniano** e $\psi(r,t)$ é a **função de onda de Schrödinger**, interpretada por Born, ainda em 1926 (*Zeitschrift für Physik* **37**, p. 863; **38**, p. 803), como sendo a **amplitude de probabilidade** do elétron, em qualquer lugar que estivesse, surgindo, a partir daí, o conceito de **onda de probabilidade**. [Bassalo & Caruso, **Heisenberg/Schrödinger/Born/Bohr** (Livraria da Física, 2014/2014/2014/2016)].

Para ilustrar o PI, Heisenberg lançou mão de uma **“Experiência de Pensamento”**, cuja ideia decorreu de um diálogo que tivera alguns anos antes, com seu companheiro de estudos em Göttingen, Burkhard Drude. Quando os dois amigos procuravam uma maneira de “ver” as

órbitas eletrônicas bohrianas, Drude sugeriu a possibilidade da construção de um microscópio que fosse capaz de dar uma visão direta do elétron em sua órbita. Ora, o Microscópio Óptico até então conhecido, era limitado apenas ao uso de luz visível ($4000 \text{ \AA} < \lambda < 7000 \text{ \AA}$; $1 \text{ \AA} = 1 \text{ angström} = 10^{-10} \text{ m}$), pois o **critério de Rayleigh** não permitia que fossem “vistos” com esse tipo de microscópio, as desejadas dimensões atômicas ($\sim 0,5 \text{ \AA}$). Em vista disso, Drude sugeriu que se usasse radiação gama (γ ; $\lambda < 0,1 \text{ \AA}$), em vez de radiação luminosa. Com esse “**microscópio γ** ” hipotético, Heisenberg idealizou uma experiência para mostrar que mesmo esse dispositivo maravilhoso não seria capaz de ultrapassar os limites de sua RI e, desta maneira, como veremos a seguir, a imagem mostrada por esse microscópio não representava, na realidade, aquilo que foi observado.

Antes de ver como Heisenberg idealizou essa experiência, vejamos o **critério de Rayleigh**. Em 1879 (*Philosophical Magazine* **8**, p. 261), o físico inglês John William Strutt, Lord Rayleigh (1842-1910; PNF, 1904) havia observado que o limite de aplicação de qualquer instrumento óptico (IO) {p.e. microscópio óptico, inventado em 1590, pelo óptico holandês Hans Janssen [auxiliado por seu filho Zacharias (1580-c.1638)]} relacionava-se com o comprimento de onda (λ) da luz utilizada. Esse limite, que caracteriza o poder de separação (resolução) de um IO, ficou então conhecido como **critério de Rayleigh** [John Strong, **Concepts of Classical Optics** (W. H. Freeman and Company, 1958)], dado pela seguinte expressão: $\sin \theta \sim \lambda/d$, onde θ é a separação angular entre dois pontos distanciados de d (ou: $\sin \theta \sim 1.22 \lambda/d$, no caso de uma abertura circular de diâmetro d).

O microscópio hipotético de Heisenberg era bastante simples, pois bastava uma única lente e uma placa fotográfica para registrar a imagem. Imagine, pensou Heisenberg, que um elétron se aproxima do campo da lente, numa certa direção x e com um momento linear $p_x = m v_x$. Quando uma radiação γ “ilumina” o campo do microscópio, a incerteza da medida da coordenada x , isto é: Δx , é dada pelo **critério de Rayleigh**: $\Delta x \approx \lambda/\sin \theta$, onde θ é a “abertura” angular do microscópio. Porém, prosseguiu Heisenberg, para que qualquer medida seja possível pelo menos um γ deve ser espalhado pelo elétron, penetrar na lente e ir à placa fotográfica. Porém, quando esse γ é espalhado pelo elétron, este sofre um recuo devido ao **efeito Compton** [Bassalo & Caruso, **Compton** (Livreria da Física, a ser publicado)], que não pode ser exatamente conhecido, pois a direção do γ espalhado é indeterminada, já que ele pode penetrar na lente por toda a sua “abertura”. Assim, a incerteza na direção de p_x , que foi transferido ao elétron por γ é dada por: $\Delta p_x = m \Delta v_x = p \sin \theta$.

Considerando que, por essa época, já se conhecia que o elétron atômico bohriano (de massa m e velocidade v) era guiado por uma “onda-piloto” cujo comprimento de onda (λ) era dado pela expressão $\lambda = h/p$, onde $p = mv$ [segundo o físico francês, o Príncipe Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987; PNF, 1929) havia proposto em sua Tese de Doutorado intitulada **Recherche sur la Théorie des Quanta** (“Pesquisa sobre a Teoria dos Quanta”) defendida, em 1924, na *Universidade de Paris*] e considerando-se a expressão para Δx , teremos: $m \Delta v_x \approx (h/\lambda) \sin \theta \approx h/\Delta x$ e, portanto: $\Delta v_x \Delta x \approx h/m$, o que traduz a RI de Heisenberg. É interessante anotar que Heisenberg usou a $\psi(\mathbf{r},t)$ e a interpretação probabilística de Born, e demonstrou que (em notação atual, onde $\langle \rangle$ significa valor médio): $\langle (\Delta v_x) \rangle \langle (\Delta x) \rangle \geq \hbar / (2 m)$. Conforme o próprio Heisenberg escreveu, a RI diz que ela “não tem significado falar da posição de uma partícula com uma velocidade definida”, indicando, portanto que o **observador** e o **observado** estão imbricados e, em vista disso, o físico norte-americano John Archibald Wheeler (1911-2008) [*IN*: Jagdish Mehra (Organizador) - **The Physicist’s Conception of Nature**, D. Reidel, Dordrecht-Holland, 1973, p. 244], “a palavra *observador* deverá ser substituída por *participante*”.

A seguir, veremos alguns exemplos de **experiências**, nas quais as OV e OI se correlacionam.

1. Descoberta do **eletromagnetismo (experiência de Oersted)**.

Muito embora alguns historiadores da Ciência considerem a **experiência de Oersted** como uma descoberta de OI ela, na realidade, foi uma OV, conforme veremos a seguir. Foi o filósofo grego Tales de Mileto (624-546) quem fez, provavelmente, por volta de 600 a.C., a primeira OI sobre um **fenômeno natural** elétrico ao atritar um bastão de âmbar (*elektron*, em grego) com um pedaço de lã, e notar que o mesmo atraía corpos leves em sua proximidade. Foi também de Tales outra OI de que certas pedras encontradas na Tessália, uma província ao norte da Grécia antiga (mais tarde conhecida como Magnésia), apresentavam a propriedade de atrair pedaços de ferro (Fe). Essas pedras, que passaram a ser conhecidas como **magnetita** ou **ímã natural**, são atualmente reconhecidas quimicamente como óxido de ferro (Fe_3O_4). Observe-se que, segundo o enciclopedista romano Plínio, O Velho (23-79), o nome Magnésia decorreu de uma OI feita por um pastor de ovelhas, o grego de nome Magnes. Este, em seu pastoreio pela Tessália, observou que a ponta de ferro de seu cajado era atraída por pedras que se encontravam ao longo do caminho que percorria ao conduzir suas ovelhas.

Durante vários séculos, esses *fenômenos naturais* (elétrico e magnético) foram estudados de maneira independente. Somente no Século 19 é que foi encontrada uma relação entre eles. Com efeito, em 1802, o jurista italiano Gian Domenico Romagnosi (1761-1835) realizou uma OV na qual parece haver observado uma relação entre o “fluido galvânico” e o magnetismo. Mais tarde, em 1807, o farmacêutico e físico dinamarquês Hans Christiaan Oersted (1777-1851) tentou, sem êxito, realizar experiências com as quais procurava descobrir relações entre a eletricidade e o magnetismo. Oersted voltou a se preocupar com tais relações, no inverno europeu de 1819-1820, quando ministrou, na *Universidade de Copenhague*, um curso sobre **Eletricidade, Galvanismo e Magnetismo**. Durante esse curso, Oersted realizou uma série de experiências. Por exemplo, em de fevereiro de 1820, observou que um condutor se esquentava quando era percorrido por uma corrente elétrica. Também, nessas experiências, Oersted procurou encontrar uma relação entre eletricidade e magnetismo, examinando o que acontecia com uma agulha magnética ao ser colocada perpendicularmente ao fio condutor do circuito galvânico utilizado. No entanto, não registrou nenhum movimento perceptível da agulha. Porém, ao término de uma aula noturna daquele curso, no começo de abril de 1820, ocorreu-lhe a ideia de colocar o fio condutor paralelamente à direção da agulha magnética; aí, então, percebeu uma razoável deflexão dessa agulha, e a procurada relação entre o magnetismo e o “Galvanismo” estava então descoberta. O resultado foi por ele próprio confirmado com aparelhos mais potentes, e o anúncio público do mesmo ocorreu em julho de 1820. Essa descoberta foi relatada ao físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867), em carta escrita pelo físico e astrônomo holandês Christopher Hansteen (1784-1873), então assistente de Oersted. É oportuno registrar que no início do Século 19, era hábito distinguir o estudo da “eletricidade estática” do estudo das correntes elétricas (“Galvanismo”), cujas primeiras pesquisas destas foram realizadas pelos italianos, o fisiologista Luigi Galvani (1737-1798), em 1786, e o físico Alessandro Giuseppe Volta (1745-1827), em 1792. (Aliás, foi por essa ocasião que Volta cunhou o termo “Galvanismo”.) Ainda em 1820, Oersted publicou o livro intitulado **Experimenta circa Effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam** (“Experimentos sobre o Efeito do Conflito Elétrico sobre a Agulha Magnética”), no qual registrou suas experiências sobre o efeito magnético da corrente elétrica [*eletromagnetismo*, nome cunhado pelo físico francês André Marie Ampère (1775-1836), em seu famoso livro: **Théorie Mathématique des Phénomènes Électrodynamiques Uniquement Dédit**

de l'Expérience, publicado em 1827], hoje conhecida como **experiência de Oersted**, e que se encontra muito bem descrita pelo físico, historiador e epistemólogo, o brasileiro Roberto de Andrade Martins (n.1950), nos excelentes trabalhos [*Cadernos de História e Filosofia da Ciência* **10**, p. 89 (1986); *IN: Hans Christian Ørsted and the Romantic Legacy in Science: Ideas, Disciplines* (Springer, NY, 2007)], no quais traduziu, comentou e questionou essa famosa experiência. Mais detalhes sobre o **eletromagnetismo**, ver: Sir Edmund Taylor Whittaker, **A History of the Theories of Aether and Electricity: The Classical Theories** (Thomas Nelson and Sons, Ltd., 1951).

2) Descoberta da carga do elétron (e) (experiência de Millikan-Ehrenhaft). Em agosto de 1897 (*Philosophical Magazine* **44**, p. 295), o físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940; PNF, 1906) realizou uma experiência na qual demonstrou que os **raios catódicos** [descobertos pelo físico alemão Eugen Goldstein (1850-1931), em 1876 (*Monatsberichte Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, p. 279)] eram compostos de uma corrente de **elétrons**. Nessa experiência, Thomson estudou o desvio sofrido por um feixe daqueles raios ao atravessar uma região onde existia um campo elétrico (de módulo E) produzido por um condensador, e um campo magnético (de módulo H) devido a um ímã, campos esses ortogonais entre si. Com isso, ele demonstrou que a relação entre a carga elétrica (e) e a massa (m) do elétron valia: $e/m \sim 1,7 \times 10^7$ abCoulomb (abC: unidade eletrostática de carga)/grama [Joseph John Thomson, *Lecture Nobel, Carriers of Negative Electricity* (11/12/1906)] Observe-se que, conforme o físico holandês-norte-americano Abraham Pais (1918-2000) registra em seu livro **Inward Bound. Of Matter and Forces in the Physical World** (Clarendon Press/Oxford University Press, 1995), meses antes de Thomson, resultados análogos aos dele haviam sido obtidos: em janeiro de 1897 (*Schriften der Physik-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg* **38**, p. 3), pelo geofísico alemão Emil Johann Wiechert (1861-1928) (que chamava os “raios catódicos” de “átomos elétricos”), e em abril de 1897 (*Annalen der Physik und Chemie* **61**, p. 544), pelo físico alemão Walther Kaufmann (1871-1947). A partir de 1906, o físico norte-americano Robert Andrews Millikan (1868-1953; PNF, 1923) e seu então aluno, o físico norte-americano Louis Begeman (1865-1958), começaram a realizar experiências com o objetivo de determinar e. Basicamente, o método que utilizaram era o de observar a queda de gotículas ionizadas sob a ação do campo elétrico produzido por um condensador de placas planas paralelas. Em 1908, eles encontraram o valor de $\sim 4,03 \times 10^{-10}$ abC,

para a chamada **carga elétrica elementar**. Por sua vez, entre 04 de março e 10 de abril de 1909, o físico austríaco Felix Ehrenhaft (1879-1952) publicou três trabalhos (*Anzeiger der Akademie der Wissenschaften/Viena* **7**, p. 72; *Sitzungsberichte Akademie Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaften Klasse/Viena* **118**, p. 321; *Physikalische Zeitschrift* **10**, p. 308), nos quais desenvolveu um novo método para medir a carga elétrica (e) de pequenas partículas e determinar o que ele denominou de **elektrische elementarquantum** (“quantum elementar elétrico”). O método utilizado por ele era bastante semelhante ao usado por Millikan, porém, como considerou o campo elétrico na horizontal, ao invés da vertical, como fizera Millikan, isso o impediu de estimar o valor de e a partir da observação de uma única partícula; ele tinha de observar várias partículas e depois calcular uma média ($\langle e \rangle$). Assim, nessas experiências realizadas por Ehrenhaft, ele encontrou o valor: $\langle e \rangle = 4,6 \times 10^{-10}$ abC [Gerald Holton, **A Imaginação Científica** (Zahar Editores, 1979)].

3) Descoberta dos **mésons pi** (π). O físico escocês, naturalizado inglês, Charles Thomson Rees Wilson (1869-1959; PNF, 1927) trabalhava no *Cavendish Laboratory* da *Universidade de Cambridge*, na Inglaterra e, como meteorologista, seu principal objeto de trabalho eram as nuvens e, para isso, usava balões. Assim, logo no começo do Século 20, em 1901 (*Proceedings of the Royal Society of London* **A68**, p. 151), observou (OI) que havia ionização no ar atmosférico, provocada por raios-X [descobertos pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923; PNF, 1901), em 1895 (*Sitzungsberichte der Würzburger Physikalischen-Medicinischen Gesselschaft* **137**, p. 132)] ou por raios- γ [descobertos pelo físico francês Paul Ulrich Villard (1860-1934), em 1900 (*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie de Sciences de Paris* **130**, p. 1010; 1178)], porém, com maior poder penetrante e, a partir daí, fez um estudo intensivo da conduta de íons nos gases. Pois bem, tentando duplicar o efeito de certas nuvens em picos de montanhas, ele idealizou uma maneira de expandir ar úmido em recipientes fechados. Observou (OV), então, que a expansão esfriava o ar de modo que ele se tornava supersaturado, e a umidade se condensava sobre partículas de pó. Daí teve a ideia de que se um feixe de partículas carregadas (elétrons) atravessasse um vapor super-resfriado, este se condensaria em gotículas de líquido em torno daquelas partículas, razão pela qual esse dispositivo passou a ser conhecido como **câmara de névoa** ou **câmara de Wilson** (CW). O resultado desse trabalho foi publicado, em 1911 (*Proceedings of the Royal Society of London* **A85**, p. 285). Logo em 1912 (*Physikalische*

Zeitschrift **13**, p. 1084), o físico austríaco Victor Franz (Francis) Hess (1883-1964; PNF, 1936) usou balões (até a altura de 5.350 m) com recipientes hermeticamente fechados e confirmou (OV) a ionização observada por Wilson, provocada por uma “ultra-radiação extraterrestre”, denominada de **raios cósmicos**, por Millikan, em 1925 (*Proceedings of the National Academy of Sciences* **12**, p. 48), que decorria de um **fenômeno natural**.

Desde o final da década de 1920 e por toda a década de 1930, experiências realizadas com **raios cósmicos** (e detectados com CWs), indicavam que tais “raios” apresentavam dois tipos de componentes: “duro” e “mole”. Em 1937, experiências independentes realizadas pelos físicos, os norte-americanos Carl David Anderson (1905-1991; PNF, 1936) e Seth Henry Neddermeyer (1907-1988) (*Physical Review* **51**, p. 884); Jabez Curry Street (1906-1989) e Edward Carl Stevenson (n.1907) (*Physical Review* **51**, p. 1005); e os japoneses Yoshio Nishina (1890-1950), Masa Takeuchi e Torao Ichimiya (*Physical Review* **52**, p. 1198) anunciaram a descoberta, naqueles “raios”, de partículas fortemente ionizantes e com massa [$\approx 200 m_e$; m_e = massa do elétron = $0.5 \text{ MeV}/c^2$ [$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$, sendo 1 eV a energia de um elétron sob a diferença de potencial de 1 volt (V)] igual à prevista pelo físico japonês Hideki Yukawa (1907-1981; PNF, 1949), em 1935 (*Proceedings of the Physical Mathematics Society of Japan* **17**, p. 48), por ocasião em que formulou a **Teoria da Interação Forte** entre os núcleons (prótons e nêutrons) e conhecida como **yukon**. Inicialmente, tais partículas foram denominadas de **mésos andersonianos** e, também, de **mesotrons**. Em 1940 (*Physical Review* **57**, p. 61), os físicos, o ítalo-russo Gleb Wataghin (1899-1986), e os brasileiros Aulus Paulus Pompéia (1911-1992) e Marcello Damy Souza Santos (1914-2009), trabalhando na *Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo* (FFCL/USP), realizaram uma experiência (conhecida como **chuveiros penetrantes**) na qual mostraram que no “componente mole” dos raios cósmicos havia uma produção *múltipla* de mésons em uma só colisão e não uma produção *plural* de mésons (um em cada colisão). Por outro lado, o valor da massa [$(240 \pm 20) m_e$] e o da vida média (T) ($T \approx 2 \times 10^{-6} \text{ s}$) desses **mesotrons** foram determinadas em 1941, em experiências independentes realizadas pelos físicos, o francês Louis Leprince-Ringuet (1901-2000) e colaboradores [S. Gorodetsky, E. Nageotte e R. Richard-Foy] (*Physical Review* **59**, p. 460); e o italiano Franco Rama Dino Rasetti (1901-2001) (*Physical Review* **59**; p. 706; **60**, p. 198)].

A confirmação definitiva da existência de dois tipos de mésons componentes da **radiação cósmica natural** (RCN) deveu-se às experiências realizadas por um grupo de físicos que trabalhava no *Henry*

Herbert Wills Physical Laboratory, da *Universidade de Bristol* (UB), Inglaterra, grupo esse liderado pelo físico inglês Sir Cecil Frank Powell (1903-1969; PNF, 1950), do qual participavam físicos, dentre os quais estavam: o brasileiro Cesare (César) Mansueto Giulio Lattes (1924-2005), o italiano Giuseppe Pablo Stanislao Occhialini (1907-1993) e o inglês Hugh Muirhead (1925-2007). Esse grupo [mais tarde conhecido como o famoso **Grupo de Bristol** (GB)] fazia experiências tentando entender a RCN e que eram registradas em **emulsões nucleares** [emulsão fotográfica de alta sensibilidade usada para registrar as trajetórias de partículas e foi inventada pelo físico japonês S. Kinoshita (1877-1935), em 1910 (*Proceedings of the Royal Society* **A83**, p. 432)] fabricadas pela *Ilford Limited* e em quatro tipos de tamanhos de grãos (microcristais): A, B, C e D, e três tipos de sensibilidades: 1, 2 e 3. Note-se que Powell, Occhialini, Derek L. Livesey (1923–1994) e L. V. Chilton prepararam em 1946 (*Journal of Scientific Instruments* **23**, p. 102), uma nova **emulsão** (C2) e, por sugestão de Lattes, alguns exemplares de C2 foram tratadas com bórax {um composto químico contendo boro (B): $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ }, pois elas tinham um tempo de exposição em torno de 15 dias, enquanto as normais, esse tempo era de apenas dois ou três dias. Assim, quando Occhialini foi às cavernas dos Pirineus Franceses para as suas férias de 1946, para exercitar seu *hobby* de espeleologista (pesquisador de cavernas), Lattes pediu-lhe que levasse consigo caixas de emulsões (C2), umas tratadas com bórax e outras sem esse composto, e as deixassem expostas por cerca de um mês no Observatório do *Pic du Midi* (*de Bigorre*) (altura: 2.877 m). Quando Occhialini, no final de janeiro de 1947 voltou para Bristol, na mesma noite de chegada, revelou as chapas. Nessa revelação, percebeu que as emulsões com bórax eram melhores para estudar a radiação cósmica por causa de uma maior fixação dos processos de desintegração. O exame microscópico minucioso realizado pelo GB, das emulsões trazidas por Occhialini, revelou uma grande descoberta. Com efeito, a microscopista Marietta Kurz encontrou, em uma chapa com bórax, um evento incomum (OI), primeiramente interpretado por Powell e Muirhead, qual seja: um méson que parava e, emergindo de sua extremidade, um novo méson de cerca de 600 μm de alcance. Uma semana depois, a microscopista Irene Roberts encontrou um segundo “méson duplo”.

Ora, como o GB possuía apenas dois eventos do “méson duplo” e considerando que o físico inglês Donald Hill Perkins (n.1925), do *Imperial College of Science and Technology*, estava realizando experimentos com emulsões (B1) da *Ilford*, em aviões da *Real Air Force*, numa altitude cerca

de 10.000 m, e com um resultado já publicado [*Nature* **159**, p. 126 (01/1947)], o GB precisava obter mais eventos que pudessem confirmar a importante descoberta e, se possível, publicá-la antes. Desse modo, Lattes foi ao Departamento de Geografia da *Universidade de Bristol* para ver se encontrava um pico mais alto do que o do *Pic du Mid*, para expor as emulsões boraxadas. Nessa pesquisa, descobriu que havia uma estação meteorológica no *Clube Andino Boliviano*, localizado no primeiro pico do monte *Chacaltaya*, nos Andes Bolivianos, com 5.500 m de altura e distante 20 km da capital La Paz. Sabendo disso, Lattes foi a Powell pedindo que lhe pagasse uma viagem de avião para ir até lá, expor suas chapas “boraxadas” por cerca de um mês. Quando Lattes chegou em La Paz, foi até a *Facultad de Ciências Físicas y Matemáticas* da *Universidad Mayor de San Andrés* e se encontrou com o engenheiro boliviano Don Vicente Burgaleta (m.1952) e que, ao saber do objetivo do Lattes, indicou o físico e meteorologista espanhol Ismael Escobar Vallejo (1918-2009), então Diretor do *Serviço Meteorológico da Bolívia*, para melhor ajudá-lo. Daí, então, Lattes e Escobar acertaram ir até a estação meteorológica no *Clube Andino Boliviano*, referido acima. Desse modo, no pico do *Chacaltaya*, Escobar armou um pequeno barraco, coberto, e colocou as emulsões levadas por Lattes. Um mês depois, Lattes foi apanhá-las. Ainda em La Paz, e na casa de Escobar, Lattes revelou as chapas e observou que existia mais um “méson duplo”, muito embora a água que utilizara na revelação estivesse um pouco suja e, portanto, não garantia essa observação. Ao voltar ao Rio de Janeiro, Lattes foi ao laboratório do físico brasileiro Joaquim Costa Ribeiro (1906-1960), na *Faculdade Nacional de Filosofia* (FNFi) e, no microscópio desse laboratório, confirmou o terceiro “méson duplo”, com o mesmo alcance dos dois primeiros: $600\mu\text{m}$, confirmação essa corroborada pelos físicos, o brasileiro José Leite Lopes (1918-2006) e pelo físico austríaco Guido Beck (1903-1988), também professores da FNFi.

De volta a Bristol, Lattes reuniu-se com Powell e Occhialini e, nas chapas expostas em *Chacaltaya*, encontraram mais 30 novos “mésons duplos”. Em vista disto, convencidos que haviam descoberto um processo fundamental da Natureza (***fenômeno natural***), começaram a calcular as massas dos mésons “primário” e “secundário” contando os grãos deixados nos traços vistos nas emulsões. De posse desses cálculos, escreveram artigos (assinados pelos três) que foram publicados na *Nature* **160**, p. 453 (04/10/1947) e p. 486 (11/10/1947), e nos *Proceedings of the Royal Society of London* **61**, p. 173 (08/1948). Nesses trabalhos, eles identificaram o ***méson primário*** ou ***méson π*** [$m_{\pi} = (260 \pm 30) m_e$] com a

partícula *yukon*, e o *méson secundário* ou *méson μ* [$m_\mu = (205 \pm 20) m_e$] com o *mesotron* (hoje: *múon*).

De posse desse resultado e obtido por intermédio de um *fenômeno natural*, Lattes teve a ideia de reproduzir esse resultado, agora por intermédio de um *fenômeno artificial*, conseguido por um dispositivo experimental. Vejamos como. No final de 1947, por indicação de Wataghin, Lattes recebeu uma Bolsa de Estudos da *Fundação Rockefeller* para tentar produzir artificialmente esses mésons. Para isso, ele queria usar o novo acelerador de partículas denominado *sincrocíclotron*, de 184 polegadas [que acelerava *partículas alfa* (α) (núcleo do hélio: ${}^2\text{He}^4$), a 380 MeV], que fora colocado em funcionamento na *Universidade de Berkeley*, na Califórnia, Estados Unidos da América do Norte, em novembro de 1946, pelo físico norte-americano Eugene Gardner (1913-1950). No entanto, Lattes viu que as α de 380 MeV eram insuficientes para produzir *mésons π* , pois correspondia a 95 MeV/núcleon no chamado Sistema de Laboratório (SL). Contudo, no Sistema do Centro de Massa (SCM), era possível contar com a energia de Fermi (movimento interno) dos prótons (p) e nêutrons (n) componentes da α , para a produção desejada, conforme ele próprio e Leite Lopes haviam checado. Assim, com essa ideia em mente, partiu para Berkeley e, em fevereiro de 1948 (*Science* **107**, p. 270), juntamente com Gardner, produziu os primeiros *mésons (π) negativos (π^-)*. *Mésons (π) positivos (π^+)* também foram produzidos por Lattes, Gardner e John Burfening (aluno de Doutorado de Lattes), em 1949 (*Physical Review* **75**, p. 382). Nessas experiências, esses mésons π tiveram suas massas estimadas em cerca de 300 vezes a massa do elétron. É importante salientar que, em fevereiro de 1949, o físico norte-americano Edwin Mattison McMillan (1907-1991; PNQ, 1951), que havia construído o *síncrotron*, que acelerava elétrons a 300 MeV, pediu a Lattes que examinasse algumas chapas que haviam expostas a raios γ produzidos naquele acelerador, por intermédio de uma reação conhecida como *fotoprodução*. Ao examiná-las, na noite que as recebeu, encontrou cerca de uma dúzia de *mésons π* , tanto positivos como negativos, além das primeiras evidências de um *méson (π) neutro (π^0)*. Apesar de, no dia seguinte, Lattes haver falado a McMillan sobre esses eventos que, segundo Lattes, foram os primeiros *mésons* (carregados e neutros) *fotoproduzidos*, McMillan não publicou essa descoberta. Essa indecisão de McMillan talvez fosse consequência de que o físico norte-americano Ernst Orlando Lawrence (1901-1958; PNF, 1939) [o inventor do *ciclotron*, em 1931 (*Physical Review* **37**, p. 1707; **38**, p. 834; **40**, p. 19), com a colaboração do físico norte-americano Milton Stanley Livingston (1905-

1985)] que dirigia o Laboratório de Radiação da *Universidade de Berkeley*, não acreditava na **fotoprodução** dos **mésosns**. Registre-se que o π^0 (com massa de $\sim 262 m_e$) foi confirmado logo depois, em 1950, por duas **experiências** realizadas pelos físicos norte-americanos R. F. Bjorkland, W. E. Crandall, B. J. Moyer e H. F. York (*Physical Review* **77**, p. 213); e Jack Steinberger (n.1921; PNF, 1988), Wolfgang Kurt Hermann Panofsky (1919-2007) e Jack Stanley Sterner (n.1921) (*Physical Review* **78**, p. 802). Basicamente, nessas experiências, o **fenômeno artificial** deve-se à colisão de **méson π^-** com o próton (p), produzindo o nêutron (n) e mais dois γ (**fotoprodução inversa**). É importante registrar que no **fenômeno natural** da produção de mésons ocorre o seguinte. Um **raio cósmico** (próton) colide com um próton da atmosfera, produzindo outro próton e um “méson primário” (π^+), com $T \approx 2,6 \times 10^{-8}$ s. Este, por sua vez, decai em um “méson secundário” (μ^+) e outra “partícula” [reconhecida como o **neutrino do múon** (ν_μ), somente em 1962 (*Physical Review Letters* **9**, p. 36), em uma experiência realizada pelos físicos norte-americanos Leon Max Lederman (n.1922; PNF, 1988), Melvin Schwartz (1932-2006; PNF, 1988), Steinberger, Gordon T. Danby (1929-2016), Jean-Marc Gaillard (n.1934), Konstantin A. Goulianos e Nariman B. Mistry], com $T \approx 2,2 \times 10^{-6}$ s. Ora, como esse tempo é cerca de 100 vezes maior do que o da produção do “méson primário”, então isso explica a razão do “méson primário” só ser descoberto **naturalmente** em grandes altitudes, pois ele decai antes de chegar à superfície terrestre. No entanto, no **fenômeno artificial** produzido por Lattes e Gardner, eles usaram energia mais alta do que a dos **raios cósmicos** que chegaram aos Pirineus Franceses e Alpes Bolivianos.

4) Descoberta da **expansão do Universo**.

Em 1915 (*Sitzungsberichte Preussische Akademie der Wissenschaften* **2**, p. 844), o físico germano-suíço-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) formulou a Teoria da Relatividade Geral (TRG) traduzida pela *Equação de Einstein* (EE):

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R \equiv G_{\mu\nu} = K T_{\mu\nu},$$

onde $g_{\mu\nu}$ ($g^{\mu\nu}$) é o *tensor métrico riemanniano*, $R_{\mu\nu}$ é o *tensor geométrico de Ricci*, $G_{\mu\nu}$ é o *tensor de Einstein*, $T_{\mu\nu}$ é o *tensor energia-matéria*, $R = g^{\mu\nu}$

$R_{\mu\nu}$, $K = 8 \pi G/c^4$ é a *constante de gravitação de Einstein*, G é a *constante de gravitação de Newton-Cavendish*, c é a *velocidade da luz no vácuo*, e $\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$. Mais tarde, em 1917 (*Sitzungsberichte Preussische Akademie der Wissenschaften* **1**, p. 142), Einstein encontrou uma solução para a sua equação que, no entanto, diferentemente da solução encontrada pelo astrônomo alemão Karl Schwarzschild (1873-1916), em 1916 (*Sitzungsberichte Preussische Akademie der Wissenschaften* **2**, p. 189; 424), sua solução era dinâmica. Contudo, por essa época, não havia nenhuma evidência experimental sobre a dinâmica do Universo, isto é, se o seu raio dependia do tempo. Então, para contornar essa dificuldade, Einstein formulou a hipótese de que as forças entre as galáxias eram independentes de suas massas e que variavam na razão direta da distância entre elas, isto é, havia uma “repulsão cósmica”, além, é claro, da “atração gravitacional Newtoniana”. Matematicamente, essa hipótese significava acrescentar um termo ao primeiro membro de sua equação – o famoso **termo cosmológico** ou *termo de repulsão cósmica* ($\Lambda g_{\mu\nu}$). Desse modo, Einstein postulou que o Universo era estático e, usando sua equação, demonstrou ser o mesmo finito e de curvatura riemanniana positiva ou esférica. Em virtude disso, o seu modelo cosmológico ficou conhecido como o *Universo Cilíndrico de Einstein*, em que o espaço é curvo, porém o tempo é retilíneo. Note-se que, em 1922 (*Zeitschrift für Physik* **10**, p. 377), o matemático russo Aleksandr Friedmann (1888-1925) resolveu a EE sem o **termo cosmológico** ($\Lambda = 0$) e, ao assumir a hipótese de que a matéria homogênea do Universo se distribuía isotropicamente no espaço, encontrou duas soluções não-estáticas: em uma delas o Universo se expandia com o tempo e, na outra, se contraía.

A possibilidade teórica de um **Universo em expansão** prevista por Friedmann começou a se tornar realidade devido aos trabalhos realizados pelo astrônomo norte-americano Edwin Powell Hubble (1889-1953). Com efeito, em dezembro de 1924, trabalhando com o novo telescópio *Hooker* do *Observatório de Monte Wilson*, Hubble estava examinando uma fotografia da *nebulosa (galáxia) de Andrômeda* (M31) [M, do catálogo preparado pelo astrônomo francês Charles Messier (1730-1817), em 1771]. Nesse exame, encontrou uma estrela do mesmo tipo existente em nossa nebulosa (galáxia), a *Via Láctea*. Continuando a estudar as nebulosas fora de nossa Galáxia, chegou à seguinte conclusão: - *As galáxias são distribuídas no espaço de modo homogêneo e isotrópico*. Assim, pela primeira vez, a uniformidade do Universo não era colocada **a priori**, ela provinha de uma OV. Essas observações de Hubble foram publicadas em 1925 (*Astrophysical Journal* **62**, p. 409) e em 1926

(*Astrophysical Journal* **63**, p. 236; **64**, p. 321). Logo depois, em 1927 (*Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* **47A**, p. 49), o astrônomo belga, o Abade Georges-Henri Edouard Lemaître (1894-1966) confirmou teoricamente o modelo dinâmico do Universo e, nessa ocasião, afirmou que o Universo teria começado a partir da explosão de um **átomo primordial** ou **ovo cósmico**. É oportuno registrar que, em 1929 (*Proceedings of the National Academy of Sciences* **15**, p. 168), Hubble fez outra grande descoberta (OV) ao observar cerca de 18 galáxias próximas de nossa Galáxia e perceber que havia no espectro das mesmas um deslocamento para o vermelho (*red shift*). Interpretado esse deslocamento como devido ao **Efeito Doppler** (1842)-**Fizeau** (1848), o mesmo significava uma fuga das galáxias, em relação ao observador. Ao calcular a distância entre as várias galáxias, concluiu que (logo conhecida como **Lei de Hubble**): - *As galáxias se afastam uma das outras com uma velocidade (V) proporcional à distância (D) que as separam*. A proporcionalidade (H_0) entre V e H, traduzida pela seguinte expressão $V = H_0 D$, foi estimada por Hubble, ainda nessa ocasião, no valor de: $H_0 \approx 500 \text{ km.s}^{-1} (\text{Mpc})^{-1} \approx 0.5 \times 10^{-9} \text{ anos}^{-1}$, significando dizer que a explosão do “ovo cósmico lemaîtreiano” acontecera cerca de 10^9 anos. Como, em 1934 (*Astrophysical Journal* **74**, p. 43), Hubble e o astrônomo norte-americano Milton La Salle Humason (1891-1972) fizeram um novo cálculo para H_0 , aquela lei passou então a ser conhecida como **Lei de Humason-Hubble**, usada até hoje para calcular a idade do Universo.

O **Modelo Cosmológico de Friedmann-Lemaître** foi, em 1948 (*Physical Review* **73**, p. 803) estudado pelos físicos norte-americanos Ralph Asher Alpher (n.1921), Hans Albrecht Bethe (1906-2005; PNF, 1967) (de origem alemã) e George Antonovich Gamow (1904-1968) (de origem russa), ocasião em que formularam o famoso **modelo cosmológico $\alpha\beta\gamma$** (Alpher, Bethe, Gamow), no qual o “ovo cósmico lemaîtreiano” formado de nêutrons, no instante do **Big Bang** (BB) [nome cunhado, pejorativamente, pelo astrofísico inglês Sir Fred Hoyle (1915-2001), no último programa de rádio de uma série intitulada **The Nature of Things** que apresentou na *British Broadcasting Corporation* (BBC), em 1950, uma vez que, também em 1948, e em trabalhos independentes, Hoyle (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **108**, p. 372) e os astrofísicos, o austro-inglês Sir Hermann Bondi (1919-2005) e o austro-norte-americano Thomas Gold (1920-2004) (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **108**, p. 252), haviam proposto o então conhecido **modelo cosmológico estacionário de Bondi-Gold-Hoyle** (BGH)], segundo o qual o Universo se desintegrou (explodiu) em prótons e elétrons. Ao serem formados esses

prótons, alguns colidiram com nêutrons que ainda persistiam e, gradualmente, iam formando núcleos mais pesados da Tabela Periódica, num processo que ficou conhecido como **nucleossíntese** e, a temperatura correspondente a essa explosão, conhecida posteriormente como **radiação cósmica de fundo de microonda** - RCFM (“Cosmic Microwave Background” – CMB), foi determinada, também em 1948 (*Physical Review* **74**, p. 1198), por Alpher e o físico norte-americano Robert C. Herman (1922-1997), também colaborador de Gamow, que encontraram para a RCFM um valor de aproximadamente 5 K.

Em vista disso, vários físicos começaram a examinar como e quando os elementos nesse cosmos superdenso inicial teriam se formado. E, assim, foi desenvolvido um **modelo cosmológico do Big-Bang** [hoje conhecido como o **Modelo Padrão do Big-Bang** (MPBB)], que começou quando, em 1963, os radio-astrônomos norte-americanos Arno Allan Penzias (n.1933; PNF, 1978) (de origem alemã) e Woodrow Wilson (n.1936; PNF, 1978), colaboraram na construção de uma antena (20 pés) de comunicações nos *Bell Telephone Laboratories* em Holmdel, New Jersey, nos Estados Unidos, para realizar observações do céu. Com essa antena, eles mediram por intermédio dos satélites *Echo 1* e *Telstar 1* [ambos lançados pelo foguete Thor Delta 1 da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) em, respectivamente: 12 de agosto de 1960 e 10 de julho de 1962], *microondas galácticas* de 7,35 cm, em latitudes fora do plano da *Via Láctea* e, desse modo, fizeram uma OI {**Serendipity: Fortune and the Prepared Mind** [Mark de Rond and Iain Morley (Editors) (Cambridge University Press, 2010)]} que tais *microondas* eram independentes da direção apontada pela antena, isto é, eram isotrópicas. Desse modo, eles tinham que calibrar os equipamentos para subtrair a radiação terrestre e galáctica, assim como o ruído da própria antena, das observações científicas que fizeram. Depois dessa OI, que ocorreu em certo dia de maio de 1964, apareceu um “pequeno problema” constituído de um ruído de fundo imprevisto. Eles não chegaram a identificar a sua origem, revisaram tudo de novo e de novo e, inclusive, chegaram a suspeitar do “material dielétrico branco” (fezes de pombos) – como Penzias o chamou muito elegantemente – depositado por dois pombos que rondavam a antena. Eles limparam e o sinal continuava lá. A direção em que apontavam para o céu era indiferente. Passaram a primavera e o verão de 1964 neste trabalho sem serem capazes de explicar a origem da radiação de micro-ondas que parecia envolver tudo e que tinha uma temperatura em torno de 3,5 graus acima do zero absoluto [(3,5 ± 1) K].

Uma conversa de Penzias com seu amigo Bernard Burke do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) rendeu uma pista, pois este lhe disse que um grupo de físicos teóricos norte-americanos [da Universidade de Princeton](#) (UP) [Robert Henry Dicke (1916-1997), Phillip James Edwin Peebles (n.1935) (de origem canadense), Peter Guy Roll e David Todd Wilkinson (1935-2002)] trabalhavam com a hipótese de que a radiação de um Universo primitivo, superconcentrado e superquente teria se resfriado pela expansão do mesmo e seria, agora, equivalente a poucos graus acima de 0 K. Com essa informação, Penzias se reuniu com Dicke e decidiram que escreveriam dois artigos anunciando essa fantástica OI [ou *descoberta acidental* (DA/D-S)]: a detecção da radiação correspondente ao BB. Esses artigos foram publicados em 1965 no *Astrophysical Journal* **142**, p. 414 (Dicke, Peebles, Roll e Wilkinson) e *Astrophysical Journal* **142**, p. 419 (Penzias e Wilson). Para maiores detalhes dessa descoberta, ver: Steven Weinberg, **Os Três Primeiros Minutos** (Guanabara Dois, 1980).

Muito embora a detecção da RCFM, em 1965, tenha dado bastante crédito ao (MPBB), este começou a ser contestado nas décadas de 1960 e 1970, em virtude de sua dificuldade em explicar quatro grandes problemas (*puzzles*). O primeiro deles, conhecido como *problema do horizonte* (*horizon puzzle*), refere-se à homogeneidade e isotropia do Universo; o segundo, conhecido como *problema da planura* (*flatness puzzle*), diz respeito à densidade Ω de massa do Universo, cujo valor, de acordo com o MPBB, é dado por: $\Omega - 1$ proporcional a $t^{2(1-n)}$, com $n < 1$. Assim, se $\Omega < 1$, a densidade de massa é insuficiente para deter a expansão, e o Universo continuará a expandir-se para sempre; se $\Omega > 1$, a expansão acabará, e o Universo presumivelmente colapsará em outra “bola de fogo” (*big crunch*), significando que ele é *fechado*; por fim, se $\Omega = 1$, então a expansão seguirá para sempre, e sempre diminuindo, mas sem chegar nunca a parar totalmente, indicando que o Universo é *plano*. O terceiro dos problemas enfrentados pelo MPBB relaciona-se com as *inhomogeneidades* (*inhomogeneity puzzle*) do Universo observável, composto de galáxias, aglomerados de galáxias e superaglomerados de galáxias, uma vez que, por aquela teoria, esse espectro de não-uniformidade deve ser considerado *ad hoc* no MPBB, como parte de suas condições iniciais. Por fim, o quarto problema tem haver com a produção de *monopolos magnéticos* (MM) na ocasião do início do Universo, daí esse problema ser conhecido como o *problema dos monopolos* (*monopole puzzle*). Registre que tais partículas, previstas pelo físico inglês Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984; PNF, 1933), em 1931, ainda não foram observadas [Bassalo & Caruso, **Dirac** (Livraria da Física, 2013)].

Nesta oportunidade é interessante registrar que a OI de Penzias e Wilson, em 1964, e relacionada com a RCFM, deu ensejo para o desenvolvimento da *Cosmologia Observacional* por parte da NASA, a partir de 1974, por intermédio de quatro equipamentos: um interferômetro de radiação infravermelha (RIV) longínqua para medir o espectro da RCFM; dois instrumentos para medir a *anisotropia* (variação do brilho em diferentes direções) dessa radiação de fundo; e um instrumento para procurar a RIV de fundo das primeiras galáxias. Esses equipamentos foram construídos no *Goddard Institute for Space Studies* (GISS), situado em New York, com seu *Goddard Space Flight Center* (GSFC), em Greenbelt, Maryland, dirigidos pelo físico norte-americano Patrick Thaddeus (n.1932) que, por sinal, já havia, em 1972 (*Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics* **10**, p. 305), medido a temperatura da RCFM usando a espectroscopia de moléculas interestelares de cianogênio (C₂N₂). Como ele sabia que o físico norte-americano John Cromwell Mather (n.1946; PNF, 2006), havia trabalhado em sua Tese de Doutorado, na *University of California*, em Berkeley (UC-B), sob a orientação dos físicos norte-americanos Paul L. Richards e Michael W. Werner (defendida em 1974), Thaddeus então o convidou para trabalhar no GISS/GSFC, trabalho esse iniciado no final de janeiro de 1974.

No verão de 1974, a NASA anunciou o envio de novas missões (estas iniciadas em agosto de 1960 e julho de 1962, como vimos acima com o Thor Delta I) dos foguetes espaciais, *Solid Controlled Orbital Utility* (Scout) e o Delta 2 e que, portanto, estava recebendo propostas para novas pesquisas espaciais. De posse dessa informação, Thaddeus perguntou a Mather se tinha alguma ideia para apresentar à NASA. Mather disse-lhe que seu projeto de Tese poderia ser aproveitado, uma vez que a principal dificuldade com o dispositivo que trabalhou na Tese, qual seja, a influência da atmosfera na propagação da radiação cósmica, poderia ser contornada, pois o equipamento atingiria alturas bem maiores do que às dos balões atmosféricos. Desse modo, Thaddeus pediu que Mather formasse uma equipe para trabalhar nesse projeto e sugeriu os nomes dos físicos norte-americanos Rainer Weiss (n.1932) (de origem alemã), do MIT, e Wilkinson, da PU. Aos físicos Thaddeus, Mather, Weiss e Wilkinson, juntou-se o norte-americano Michael Hauser, que acabara de chegar ao GISS/GSFC, com seus colegas também norte-americanos Dirk Muehlner e Robert F. Silverberg e, então, começaram a desenvolver um equipamento composto de quatro instrumentos: um interferômetro de RIV longínqua para medir o espectro da RCFM; dois instrumentos para medir a *anisotropia* (variação do brilho em diferentes direções) dessa

radiação de fundo; e um instrumento para procurar a RIV de fundo das primeiras galáxias. É interessante registrar que essa equipe, sob a liderança de Mather, não conhecia que outros grupos de físicos também estavam trabalhando em um projeto com a mesma finalidade como, por exemplo, o liderado pelo físico norte-americano Luís Walter Alvarez (1911-1988; PNF, 1968) da UC-B, com a participação dos físicos norte-americanos Richard A. Muller (n.1944) e George Fitzgerald Smoot III (n.1945; PNF, 2006), e o do *Jet Propulsion Laboratory* (JPL), em Pasadena, Califórnia, sob a liderança de Samuel Gulkis e Michael A. Janssen.

De posse de cerca de 150 propostas, no outono de 1976, a NASA escolheu uma equipe de físicos que pertenciam aos principais projetos daquelas propostas: Gulkis, Hauser, Mather, Smoot III, Weiss e Wilkinson. Assim, essa equipe, juntamente com a física norte-americana Nancy W. Boggess [responsável pela astronomia de RIV do projeto *Infrared Astronomical Satellite* (IRAS) (“Satélite Astronômico Infravermelho”) da NASA, lançado em 1983, por um foguete Delta] e uma equipe de engenheiros do GSFC começaram a desenvolver o *Cosmic Background Explorer* (COBE) (“Explorador de Radiação Cósmica de Fundo”). Para cada físico dessa equipe foi dada uma tarefa diferente. Com efeito, Smoot III seria responsável pelo *Differential Microwave Radiometer* (DMR) (“Radiômetro Diferencial de Microondas”); Hauser, pelo *Diffuse Infrared Background Experiment* (DIRBE) (“Experimento de Fundo Infravermelho Difuso”); e Mather, pelo *Far Infrared Absolute Spectrophotometer* (FIRAS) (“Espectrofotômetro Absoluto de Infravermelho Distante”). Além disso, Weiss foi designado chefe (*chairman*) do *Science Working Group* (SWG), da NASA, e Mather escolhido para coordenar o trabalho entre físicos e engenheiros. Assim, com esses equipamentos a bordo, em 18 de novembro de 1989, a NASA lançou o (COBE). Observe-se que, em 1990 (*Astrophysical Journal Letters* **354**, p. L37), essa equipe do COBE anunciou que havia realizado uma OV da RCFM correspondente a uma temperatura de corpo negro de $(2,728 \pm 0,002)$ K. Em 1992 (*Astrophysical Journal Letters* **396**, p. L1; L7; L13), essa mesma equipe do COBE encontrou pequenas oscilações ($\approx 30 \mu\text{K}$) na temperatura ($\Delta T/T \approx 10^{-5}$) da RCFM. Registre-se que o COBE completou sua missão científica no dia 23 de dezembro de 1993.

Na conclusão deste item sobre a expansão do Universo, é interessante ressaltar que um aumento (não previsto pela MPBB na aceleração do Universo foi anunciado, por intermédio de uma OV, em 1998 (*Astronomical Journal* **116**, p. 1009), realizada por Adam G. Riess (n. 1969; PNF, 2011), Alexei V. Filippenko, Peter Challis, Alejandro Clocchiatti,

Alan Diercks, Peter M. Garnavich, Ron L. Gilliland, Craig J. Hogan, Saurabh Jha, Robert P. Kirshner, B. Leibundgut, Mark M. Phillips, David Reiss, Brian P. Schmidt (n.1967; PNF, 2011), Robert A. Schommer, R. Chris Smith, J. Spyromilio, Christopher Stubbs, Nicholas B. Suntzeff e John L. Tonry, componentes do projeto *High-z Supernova Search Team* (H-zSST) (“Equipe de Procura de Supernova de Alto-z”) (formada em 1994 por Schmidt e Suntzeff), ao observarem uma supernova do tipo Ia (SN-Ia), deduziram estar o Universo em expansão acelerada e, portanto, havia a necessidade de usar a Λ para explicar essa aceleração. Em 1998/1999 [*arXiv:astro-ph/0108103v1/v2*, 13 August (1998)/24 June (1999)], Dragan Huterer e Michael S. Turner (n.1949) usaram, pela primeira vez, o termo *energia escura* (EE ou DE: *dark energy*) [e ratificado por Turner, em 1999 (*The Galactic Halo* **165**, p. 431)] para explicar essa aceleração inesperada do Universo, confirmada logo depois, em 1999, pelo projeto H-zSST (*Astronomical Journal* **117**, p. 707) e, independentemente, pelo *Supernova Cosmology Project* (SCP) (“Projeto de Cosmologia de Supernovas”) composto por Saul Perlmutter (n.1959; PNF, 2011), G. Aldering, G. Goldhaber, R. A. Knop, P. Nugent, P. G. Castro, S. Deustua, S. Fabbro, A. Goodbar, D. E. Groom, I. M. Hook, A. G. Kim, M. Y. Kim, J. C. Lee, N. J. Nunes, R. Pain, C. R. Pennypacker, R. Quimby, C. Lidman, R. S. Ellis, M. Irwin, R. G. McMahon, P. Ruiz-Lapuente, N. Walton, B. Schaefer, B. J. Boyle, Filippenko, T. Matheson, A. S. Fruchter, N. Panagia, H. J. M. Newberg e W. J. Couch (*Astrophysical Journal* **517**, p. 565).



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)