



e-Boletim de Física

International Centre for Condensed Matter Physics
Instituto de Física, Universidade de Brasília
Ano III, Outubro de 2014 • <http://www.boletimdafisica.com/> • eBFIS 3 010-1(2014)

Múltiplos Universos: fato ou ficção? (Multiple Universes: fact or fiction?)

Daniel Vieira Lopes*

*Centro Internacional de Física da Matéria Condensada,
Instituto de Física, Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília, DF, Brasil. and
Universidade Católica de Brasília,
Escola de Educação e Humanidades - Curso de Física - Campus I (Águas Claras),
71966-700, Brasília, DF, Brasil.*

Diferentes ramos da física contemporânea sugerem que o que chamamos de universo e entendemos como tudo o que existe possa ser somente uma pequena parte de um outro ainda muito maior, chamado às vezes de "multiverso". Apresentamos neste texto quatro cenários de diferentes áreas de pesquisa nos quais essa ideia surge, e tentamos indicar até que ponto a ideia possui alguma validade ou é somente especulação.

Palavras-chave: Universo; Multiverso; Cosmologia; Branas; Inflação.

Different branches of physics suggest that what we call universe and understand as all that is could be a piece of something bigger, often called the "multiverse". In this text, we present four different scenarios where this idea emerges, and we try to indicate to which extent it finds support or is simply fantastic speculation.

Keywords: Universe; Multiverse; Branes; Inflation.

A possibilidade do nosso universo ser apenas um dentre vários tem sempre tido importante papel na ficção científica e na nossa imaginação. Mas mais do que puro exercício especulativo, existem partes dessa história que não estão muito distantes das mais recentes pesquisas da física contemporânea.

Talvez a primeira implicação de outros universos a partir de uma teoria física tenha ocorrido na tese de doutoramento de Hugh Everett [1], sob orientação de John Wheeler, e artigos subsequentes. A existência de múltiplos universos completamente desconectados uns dos outros seria direta consequência de se aplicar os fundamentos da mecânica quântica a qualquer sistema físico, macroscópico ou não, sem a necessidade de se adicionar hipóteses ad hoc como o colapso da função de onda após uma medida. A pouca ou nenhuma falseabilidade dessa alegação mantém ainda a interpretação de Muitos Mundos, como foi chamada, num status de curiosidade filosófica ou histórica da mecânica quântica.

Existem, no entanto, outros campos mais recentes da física em que o conceito de múltiplos universos ressurge. Diferentemente dos universos não-interagentes da mecânica quântica, os que serão descritos neste texto po-

deriam ser diretamente observados ou ao menos exercer influência, direta ou indireta, em nosso universo.

Todo o universo que conseguimos em princípio observar mostra-se extremamente homogêneo, isto é, a quantidade de galáxias não parece mudar muito em diferentes regiões do universo. Estima-se ainda que nosso universo observável tenha um diâmetro de algo em torno de noventa bilhões de anos-luz, o que fornece, nas estimativas menos ousadas, cem bilhões de galáxias. Mais recentemente a enxurrada de novos planetas extrassolares descobertos indicam que a existência de planetas não é exceção de algumas poucas estrelas, mas a regra [2]. Estimativas estatísticas nos fornecem o número de 10^{24} planetas em nosso universo observável.

Cerca de quinhentos anos após Giordano Bruno defender a infinitude do universo e a existência de infinitos sóis e planetas, observações astronômicas e cosmológicas combinadas a previsões da muito bem testada relatividade geral indicam que o universo é muito possivelmente infinito, ou ao menos muitas ordens de grandeza maior que o nosso universo observável. Digamos por um momento que seja infinito, e homogêneo em toda sua extensão. Qualquer possibilidade física, por mais remota que pareça num ensemble finito, passa a ser realidade num universo sem fim. Ainda que tudo aconteça dentro de um mesmo universo seguindo as mesmas leis físicas, a possibilidade de diversas cópias idênticas ao nosso uni-

* danielvieira1@gmail.com

verso visível (e tudo nele contido) fornece um conceito de multiverso cosmológico.

É importante ressaltar alguns pontos críticos dessa hipótese. Partimos da suposição de um universo infinito e extrapolamos a homogeneidade observada em nosso universo visível. Ainda que o universo seja mesmo infinito (mesmo não tendo evidências suficientes para afirmar isso), não sabemos se as condições iniciais das regiões além do universo visível seriam as mesmas. Além disso, por estarem muito além da nossa região causal, essas hipotéticas cópias de universos não são testáveis, pelo menos não ainda.

As teorias de dimensões extras, porém, fornecem uma possibilidade um pouco mais ao nosso alcance. Seja por exigência de alguma outra teoria mais fundamental (como a Teoria das Supercordas, ou simplesmente Teoria de Cordas) ou para tentar explicar fenômenos ainda incompreendidos da física, a inclusão de outras dimensões espaciais além das três que experienciamos é assunto recorrente em física teórica.

A discordância com a nossa observação diária é explicada de duas maneiras: (1) As dimensões extras estão compactificadas, são dimensões fechadas, e de tamanho extremamente pequeno, acessível apenas a escalas de energia muito altas; (2) as dimensões extras podem ser compactificadas ou não, mas algum outro mecanismo restringe todo o nosso universo conhecido a uma região tridimensional, incapaz de se mover nas outras direções, tal como bactérias presas numa lâmina bidimensional de um microscópio. Num primeiro momento a inclusão do mecanismo ad hoc de (2) parece forçado, mas no contexto da Teoria de Cordas passa de um artifício incluído à mão para um elemento necessário da teoria.

A Teoria de Cordas propõe que as partículas fundamentais de matéria ou as mediadoras das forças, inclusive o hipotético gráviton responsável pela força gravitacional, sejam pequenos objetos de uma dimensão em vez de partículas pontuais como a descrição da teoria quântica de campos. Para que a teoria seja consistente, exige não apenas um total de 9 dimensões espaciais, como também a existência de objetos extensos chamados D-branas de qualquer dimensionalidade nas quais todas as partículas conhecidas exceto o gráviton poderiam se prender. As cordas presas a uma única D-brana se comportam como as partículas mediadoras das forças, enquanto cordas presas aos cruzamentos de D-branas como partículas de matéria. Cruzamentos de três ou mais D-branas reproduzem as interações de matéria necessárias para interação com bósons escalares, como o bóson de Higgs.

Nesse cenário, chamado de "mundo-brana" [3], o nosso universo com todas as partículas e as forças que observamos na natureza estaria localizado num cruzamento tridimensional de várias D-branas, restrito portanto a um pequeno subespaço, uma pequena parte de um todo bem maior, de um total de nove dimensões. Fora desse cruzamento, as mesmas partículas de força ou de matéria podem existir, mas não com as interações que observamos nos nossos experimentos. Em outras regiões, universos de

propriedades bem distintas poderiam existir. Universos de mais ou menos dimensões com outros tipos de matéria e de forças com "átomos" e "químicas" totalmente diversas do que conhecemos, universos sem matéria compostos somente por partículas de força ou mesmo universos onde só existe o espaço-tempo e mais nada são mais que possibilidades nesse cenário, são previsões.

No entanto, devido ao aparente fracasso (ou, sendo mais otimista, ausência de sucesso) da Teoria de Cordas como descrição do mundo em que vivemos, embora fascinante essa possibilidade dos muitos mundo-branas fica por enquanto restrito a especulações e fantasias. Os defensores da teoria de cordas podem alegar que multiversos de branas não são somente fantasia, mas oferecem uma boa explicação para a energia escura, matéria escura e até mesmo o Big-Bang. O problema é que esses modelos possuem tantos parâmetros livres que oferecem explicações para qualquer fenômeno que se queira explicar.

Existe um quarto cenário de múltiplos universos que ao contrário dos demais, pode ter recentemente ganhado suporte de evidências. Este quarto cenário é a inflação eterna. Inflação cósmica [4] foi o termo cunhado por Alan Guth para uma expansão exponencial do universo ocorrida nos primórdios da evolução cósmica, expansão que poderia ser a explicação para o problema do horizonte, o problema da planura além de uma explicação para a formação de estruturas. O que teria provocado tal expansão acelerada em tão curto período de tempo tem sido motivo de bastante debate, mas uma opção bastante popular é a de um campo escalar fora do equilíbrio, chamado de inflaton. Enquanto estiver fora do equilíbrio, pelas equações de campo de Einstein a alta energia de vácuo provoca uma expansão acelerada do espaço-tempo. Enquanto o campo decai para seu estado menos energético ele libera energia na forma de outras partículas e energia térmica, freando a expansão acelerada.

Basta uma pequena região do universo em que o campo do inflaton esteja fora do equilíbrio para que a inflação ocorra. No entanto, se esperarmos que as condições nos primórdios do universo fossem também homogêneas, se torna natural imaginar o campo do inflaton estando fora do equilíbrio em todos os pontos do espaço-tempo [5, 6]. O decaimento do inflaton num ponto induz a transição de fase nos pontos vizinhos. Tal decaimento provoca zonas de nucleação na qual o inflaton decai, em analogia com as zonas de nucleação de uma transição de fase da água supercongelada para o gelo. Nas regiões entre as zonas de nucleação o espaço continua se expandindo devido à energia de vácuo, fazendo com que em geral as zonas se afastem uma das outras. Essas zonas são chamadas de "universos bolha", pequenas ilhas cósmicas alheias às outras "bolhas" existentes.

Mais elementos podem ser introduzidos ao nosso exercício especulativo. Em algumas teorias de campos, as constantes da natureza, como a intensidade das forças e a massa das partículas, provêm de campos escalares "congelados". Conhecemos bem um caso assim, o campo de Higgs. Em altas energias o Higgs está em uma fase

em que a simetria eletrofraca não está quebrada. Os leptons e quarks não possuem massa, nem os bósons da interação eletrofraca. À medida que o universo esfria, o Higgs decai espontaneamente para um estado menos energético quebrando a simetria eletrofraca e fornecendo massa aos quarks, leptons e aos bósons W e Z. A massa dessas partículas está diretamente relacionada com o valor assumido pelo campo de Higgs.

Outros campos bosônicos podem estar relacionados a outras propriedades das partículas, até mesmo de partículas hipotéticas. O campo do inflaton, por exemplo, pode estar acoplado com o Higgs e no decaimento especificar alguma propriedade deste último, como a intensidade da autointeração ou o termo de massa. Nos diferentes universos-bolha o campo do inflaton pode ter interagido de maneira distinta com o Higgs ou outros campos escalares, implicando em universos com diferentes constantes da natureza.

Mesmo que este seja, dentre os quatro cenários aqui apresentados, o mais plausível e ao menos compatível com evidências, como foi dito esses universos-bolha estariam desconectados, alheios uns aos outros. No entanto, é possível que duas zonas de nucleação próximas o sufici-

ente entrem em contato. Em algum ponto em um desses universos, ainda que longe da interface entre as duas “bolhas”, é possível detectar a interface como uma “parede de domínio”, uma região com sinais cosmológicos distintos, quebrando a isotropia do espaço. Se esse cenário for verdadeiro e o nosso universo-bolha tiver tido a “sorte” de colidir com outro universo-bolha, seria possível em princípio detectar a interface. Alguns grupos de pesquisa de fato procuram por sinais assim, mas até agora, sem sucesso.

Apresentamos aqui quatro cenários vindos de teorias físicas distintas, algumas bem testadas, outras ainda hipotéticas, em que o nosso universo observável é uma pequena parte de um multiverso. Em alguns desses cenários os outros universos possuem uma física distinta da que conhecemos, em outros uma física idêntica. Em alguns cenários os outros universos jamais poderão interagir com o nosso, em outros eles podem estar interagindo nesse momento e provocando fenômenos até então pouco compreendidos. No entanto todos possuem em comum a ausência de evidências que digam inequivocamente algo a respeito de sua existência ou inexistência e a fantástica possibilidade que possuem de atizar a nossa curiosidade e desejo de investigação.

-
- [1] Bryce Dewitt, Neill Graham, Hugh Everett, “The many-worlds interpretation of quantum mechanics,” Vol 1. 1973.
- [2] A. Cassan, D. Kubas, J.-P. Beaulieu, M. Dominik, K. Horne, J. Greenhill, J. Wambsganss and J. Menzies *et al.*, “One or more bound planets per Milky Way star from microlensing observations,” *Nature* **481** (2012) 167 [arXiv:1202.0903 [astro-ph.EP]].
- [3] K. Akama, “An Early Proposal of ‘Brane World’,” *Lect. Notes Phys.* **176** (1982) 267 [hep-th/0001113].
- [4] A. H. Guth, “The Inflationary Universe: A Possible Solution to the Horizon and Flatness Problems,” *Phys. Rev. D* **23** (1981) 347.
- [5] A. D. Linde, “Eternal Chaotic Inflation,” *Mod. Phys. Lett. A* **1** (1986) 81.
- [6] A. H. Guth, “Eternal inflation,” astro-ph/0101507.