

O *Big Bang*, a teoria mais aceita para a criação do universo, diz que tudo se iniciou em uma grande explosão. Nos primeiros instantes, o universo não era formado por matéria, mas sim por energia sob forma de radiação. Aos poucos, matéria e antimatéria foram criadas em quantidades iguais. Mas, como prevê a física, o encontro de matéria com antimatéria causa o aniquilamento de ambas, fazendo o que era massa retornar à condição inicial de radiação. Mas a existência de animais, vegetais, planetas, estrelas e galáxias, ou seja, a existência do próprio universo é a prova concreta de que um excesso de matéria sobreviveu a essa aniquilação precoce. O que aconteceu, então, com a antimatéria criada em associação à matéria do universo? Onde estaria ela? Ou será que, por um 'capricho' da natureza, a criação do universo deu preferência à matéria?

**Leandro de Paula e
Miriam Gandelman**
*Instituto de Física,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro*

a ASSI

POR QUE EXISTE MAIS MATÉRIA DO

mETRIA

QUE ANTIMATÉRIA?

do universo

OS DOIS CONSTITUINTES

O ramo da física que estuda os constituintes básicos da matéria é a física de partículas elementares. Nesse campo, há uma teoria chamada Modelo Padrão, que é compatível com todos os resultados experimentais atualmente conhecidos. Segundo o Modelo Padrão, a matéria tem dois tipos de constituintes: os quarks e os léptons (figura 1). Vamos primeiramente nos deter em algumas propriedades desses dois constituintes.

Os quarks nunca são observados isoladamente, mas se agregam para formar os hádrons, cujos representantes mais conhecidos são o próton e o nêutron, partículas encontradas nos núcleos atômicos. Por sua vez, tanto prótons quanto nêutrons são formados cada um por três quarks. Os quarks mais abundantes na natureza são o *up* e o *down*. O próton é formado por dois quarks um *up* e um *down*. Para o nêutron, a ordem se inverte: há um só quark *up* e dois do tipo *down*.

O segundo constituinte da matéria são os léptons. O mais conhecido entre os léptons é o elétron. Numa imagem simplificada do átomo, podemos dizer que ele é composto de um núcleo, constituído de prótons e nêutrons, cercado por uma nuvem formada por elétrons. O elétron também é a partícula responsável pela ligação entre os átomos e, conseqüentemente, pela formação de moléculas. Está também envolvido na corrente elétrica que passa pelos fios elétricos.

Por fim, há um outro tipo de lépton, o neutrino, que não possui carga elétrica e é muito difícil de ser observado (ver 'Neutrinos, partículas onipresentes e misteriosas' em *Ciência Hoje* nº 147).

MASSA EM ENERGIA

Quarks *up* e *down*, elétrons e neutrinos formam todos os corpos que nos rodeiam. Segundo o Modelo Padrão, essas quatro partículas são classificadas como 'primeira geração' (figura 1). A física de hoje conhece três gerações de partículas. Esse número de gerações está bem comprovado por medidas experimentais feitas em aceleradores de partículas como o Laboratório Europeu de Partículas Elementares (CERN).

É interessante salientar, no entanto, que o Modelo Padrão não exige que haja somente três gerações de quarks e léptons como as três conhecidas. Nem mesmo o Modelo Padrão impede a existência de um maior número de gerações. A única restrição imposta pelo modelo é que cada geração deve ter dois quarks e dois léptons (na primeira geração, há o quark *up* e o *down*, o elétron e o neutrino do elétron, os dois últimos sendo léptons. Vale lembrar que o múon e o tau, ambos léptons, têm também seus respectivos neutrinos, conforme mostra a figura 1.

O Modelo Padrão também prevê a existência de antipartículas como os antiquarks e os antiléptons. Uma antipartícula tem a mesma massa da partícula, mas com carga elétrica oposta. Assim, o pósitron, de ▶

	PARTÍCULA	SÍMBOLO	CARGA	MASSA (EM GeV/C ²)
1ª GERAÇÃO				
quarks	<i>up</i>		+2/3	0,03
	<i>down</i>		-1/3	0,06
léptons	elétron		-1	0,0005
	elétron neutrino		0	0?
2ª GERAÇÃO				
quarks	<i>charm</i>		+2/3	1,3
	<i>strange</i>		-1/3	0,14
léptons	múon		-1	0,106
	neutrino do múon		0	0?
3ª GERAÇÃO				
quarks	<i>top</i>		+2/3	1,3
	<i>bottom</i>		-1/3	4,3
léptons	tau		-1	1,7
	neutrino dotau		0	0?

Figura 1. No Modelo Padrão, os dois constituintes da matéria, os quarks e os léptons, estão divididos em três gerações. Para cada partícula, há uma antipartícula. A matéria do universo é formada exclusivamente pela primeira geração

carga positiva, é a antipartícula do elétron. Ambos têm a mesma massa. Segundo o Modelo Padrão, toda partícula tem sua antipartícula.

O encontro de uma partícula com sua antipartícula causa a aniquilação do par. Assim, a massa de ambas transforma-se em energia. Por exemplo, o que resta do encontro de elétron com um pósitron é radiação. Esse fenômeno é conhecido como aniquilação matéria-antimatéria.

Assim como as partículas, as antipartículas também são divididas em gerações. As antipartículas da primeira geração são o antiquark *up* (ou anti*up*), o antiquark *down* (anti*down*), o antieletron (ou pósitron) e o antineutrino.

Da mesma forma que os quarks se agregam para constituir os hádrons (prótons e nêutrons), os antiquarks podem constituir anti-hádrons, já que o Modelo Padrão prevê a existência de antinêutrons e antiprótons. Estes dois últimos, ao se juntarem a antieletrons, dariam origem a antiátomos. Uma demonstração da viabilidade desse processo foi obtida pelo experimento PS 210, realizado no CERN em 1995 quando foram criados átomos de anti-hidrogênio. O anti-hidrogênio é formado por um pósitron e um antipróton.

Anti-hádrons e antiléptons são produzidos tanto em colisões feitas em aceleradores de partículas quanto em chuviscos de partículas produzidos por raios cósmicos, partículas que vêm do espaço e que podem atingir altas energias e penetram a atmosfera terrestre. Raios cósmicos ultra-energéticos, por exemplo, podem chegar a ser cerca de 100 milhões de vezes mais energéticos que as partículas geradas em colisões nos aceleradores.

O único mecanismo conhecido de criação de partículas e antipartículas é a produção de pares, que é

o inverso do processo de aniquilação. No momento da produção, uma certa quantidade de energia é usada para criar simultaneamente uma partícula e sua antipartícula.

A primeira antipartícula foi observada em 1933, em um experimento com raios cósmicos, pelo físico norte-americano Carl David Anderson (1905-1991), descobridor do pósitron, a antipartícula do elétron.

AS TRÊS CONDIÇÕES

A teoria mais aceita para a criação do universo é a do *Big Bang*. Segundo ela, tudo se iniciou em uma grande explosão. Nos primeiros instantes, o universo não era constituído por matéria, mas sim por energia sob forma de radiação. O universo então passou a se expandir e, conseqüentemente, a se resfriar. Pares de partícula-antipartícula eram criados e aniquilados em grande quantidade.

Com a queda de temperatura, a matéria e a antimatéria, criadas em quantidades iguais, poderiam começar a formar, respectivamente, hádrons e anti-hádrons. Atualmente, porém, parece que vivemos em um universo onde só há matéria. O que aconteceu, então, à antimatéria que teria sido criada em associação a essa matéria?

Na realidade, já é estranho que o universo exista, pois, quando a matéria e a antimatéria se encontram, o processo de aniquilação ocorre, restando só energia como produto. Seria altamente provável, portanto, que logo após terem sido criadas no *Big Bang*, partículas e antipartículas se aniquilassem, impedindo que corpos mais complexos como hádrons, átomos, moléculas, minerais, estrelas, planetas e seres vivos pudessem se formar.

Acredita-se que esse processo de criação e aniquilação realmente ocorreu para quase toda a matéria criada no início da expansão do universo, mas o simples fato de existirmos indica que, ao menos, uma pequena fração de matéria escapou a esse extermínio precoce.

É possível que algum processo, de origem desconhecida, tenha provocado uma separação entre a matéria e a antimatéria e que o processo de aniquilação não tenha ido às últimas conseqüências, deixando porções de matéria e antimatéria separadas. Sendo assim, é possível pensar que existiam regiões do universo em que a antimatéria, e não a matéria, seria mais abundante.

Planejam-se alguns experimentos no espaço para procurar essas regiões. No entanto, como até hoje não se conhece um processo capaz de gerar essa separação, a maioria dos cientistas não acredita na hipótese de regiões de antimatéria no universo.

Há também uma segunda possibilidade. A de que

a natureza tenha, de algum modo, favorecido a criação de matéria em detrimento da antimatéria no *Big Bang*. Isso indicaria que a natureza trata de forma ligeiramente diferente matéria e antimatéria. Se isso for verdade, seria possível que uma pequena fração da matéria inicialmente criada tenha sobrevivido e formado o universo conhecido hoje. Resultados experimentais e teóricos apontam nessa direção.

Em 1966, o físico russo Andrei Sakharov (1921-1989) delineou quais seriam as condições para que tivesse ocorrido esse desequilíbrio entre matéria e antimatéria. Segundo ele, foi um 'desvio' (ou assimetria, no jargão da física) nas leis da natureza o responsável pela formação de mais matéria que antimatéria. Numa proporção aproximada, foram criadas um bilhão e uma partículas de matéria para cada um bilhão de partículas de antimatéria. Assim, tudo que existe no universo, de estrelas a seres humanos, foi criado a partir de uma única partícula de matéria em cada um bilhão que sobreviveu à aniquilação.

Para que ocorresse esse ligeiro desequilíbrio no processo de criação de matéria e antimatéria, Sakharov impôs três condições:

1) O próton deve decair, isto é, transformar-se em outras partículas. Esse fenômeno ocorreria quando um dos quarks que constituem o próton decaísse em um antielétron (ou pósitron), o que causaria a consequente transformação dos dois quarks restantes em uma nova partícula sem carga, o méson p^0 . Segundo cálculos, um próton levaria 10^{32} (o número um seguido de 32 zeros!) anos para decair. Atualmente, há vários experimentos em andamento, mas o decaimento de um próton ainda não foi observado.

2) O esfriamento do universo após o *Big Bang* não se deu em equilíbrio térmico. Dizemos que um corpo esfria em equilíbrio térmico quando sua temperatura diminui igualmente em qualquer uma de suas partes. Quando uma parte resfria-se mais rápido do que outra, o esfriamento se dá fora do equilíbrio e durante esse processo não é possível definir uma temperatura para o corpo.

3) Deve haver uma diferença de comportamento entre as partículas de matéria e antimatéria e essa diferença, segundo Sakharov, poderia ser medida. É exatamente essa diferença, como descrito a seguir, que os físicos de partículas estão procurando atualmente.

FILMES, ESPELHOS E CARGAS

Como dissemos, até hoje não houve nenhuma observação experimental do decaimento de um próton. Entretanto, espera-se que isso realmente ocorra,

mas, por ser um evento muito raro, não estaria ao alcance dos métodos experimentais atuais. A segunda condição imposta por Sakharov também encontra bom amparo nos modelos teóricos existentes, bem como com observações realizadas. As duas primeiras condições de Sakharov não podem ser testadas experimentalmente nos dias de hoje e não apresentam contradições com as teorias aceitas.

É no entanto na última das condições que está o ponto crucial para testar a hipótese de Sakharov: o estudo da diferença de comportamento entre a matéria e a antimatéria. Isso está no limite de nossa capacidade experimental e há, no momento, vários experimentos em preparação para tentar observá-la.

Na física de partículas, as simetrias desempenham um papel muito importante, pois elas podem dar informações sobre os processos que estamos interessados em estudar. Antes de tentar entender como isso pode ser feito, vamos apresentar algumas simetrias.

Reversão temporal (T). A reversão temporal consiste em inverter a direção do eixo do tempo. Vamos a dois exemplos práticos. No primeiro, diz-se que a reversão temporal é conservada enquanto, no segundo caso, é violada.

Uma bola é lançada em direção a uma das tabelas de uma mesa de sinuca, colide com ela e volta exatamente ao ponto de saída. Esse processo foi filmado e uma pessoa assiste ao filme duas vezes. Na primeira, as imagens, que mostram a bola já em movimento, são projetadas como foram filmadas. Na segunda, o filme é passado de trás para frente. O interessante é que o espectador não terá como dizer quais das duas projeções corresponde ao sentido real. Nesse caso, dizemos que a simetria T é conservada.

Vejam o segundo exemplo. Um jarro cai de uma mesa e se quebra ao atingir o chão. Nesse caso, saberíamos com facilidade indicar em qual seqüência o filme foi feito, já que nos pareceria estranho ver os fragmentos se juntando para formar um vaso íntegro. Esse é um processo para o qual a reversão temporal não é válida. Nesse caso, a simetria T é violada.

Paridade (P). A paridade é a inversão das coordenadas espaciais. Imagine que houvesse um tipo especial de espelho (figura 2) no qual a imagem fosse invertida de trás para frente, da esquerda

Figura 2. A operação de inversão de paridade corresponde a realizar uma observação através de um espelho que inverta as três coordenadas espaciais, isto é, no qual a imagem fosse invertida de trás para frente, da esquerda para a direita e de baixo para cima. Um espelho usual inverte a imagem apenas de trás para frente

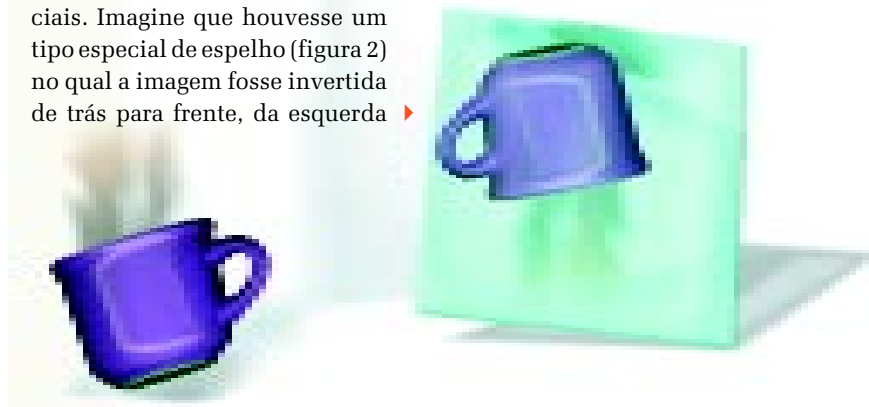


Figura 3. Diferença entre as duas curvas. Uma mostra o decaimento de partículas denominadas káons neutros e a outra o decaimento de antikáons neutros. Essa diferença indica uma preferência pelos káons, o que demonstra a preferência da natureza pela matéria. A violação de CP foi descoberta pela primeira vez nos decaimentos dos káons. A unidade de tempo usada no gráfico ao lado equivale a aproximadamente 100 ps (100 picossegundos, ou 10^{-10} , um décimo de bilionésimo de segundo)

para a direita e de baixo para cima. Em um espelho normal, a imagem é invertida apenas de trás para frente.

Para saber se a paridade P é conservada, devemos realizar uma experiência. Uma pessoa acena a mão direita para um espelho. Uma câmera filmará nosso ator de frente. Outra fará a gravação da imagem refletida pelo espelho. Ao projetar o primeiro filme, veremos a imagem de uma pessoa acenando com a mão direita. No outro, nosso personagem aparecerá acenando com a mão esquerda. Este é um caso no qual os físicos dizem que a simetria P foi violada.

No entanto, ao observarmos imagens de uma esfera perfeita, não poderemos diferenciar uma foto tirada diretamente do objeto de uma tirada usando a imagem dela no espelho. Nesse caso, teremos a conservação da simetria P.

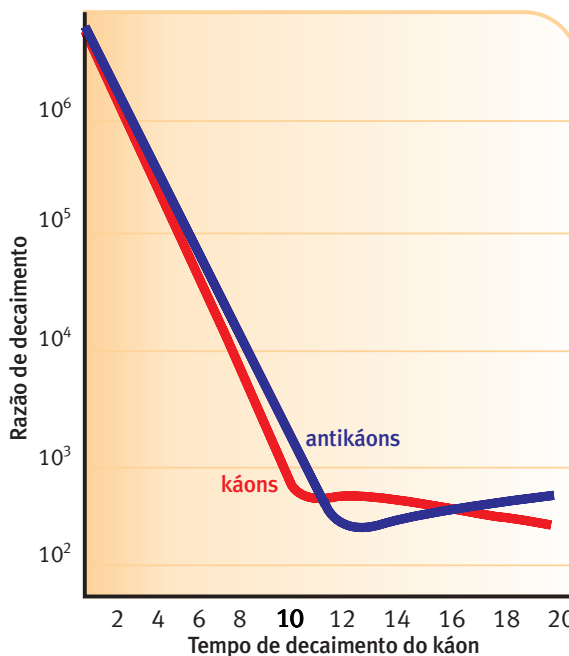
Conjugação de carga (C). Por fim, esta simetria consiste em trocar uma partícula por sua antipartícula. Testar essa simetria é mais complicado, pois é necessário observar o comportamento de partículas e antipartículas. Vamos a um exemplo prático usando o decaimento do nêutron. Essa partícula, quando fora de um núcleo atômico, se transforma (ou decai) em um próton (positivo), um elétron (negativo) e um antineutrino (sem carga elétrica). No decaimento de um antinêutron, diz-se que a conjugação de carga é conservada, já que a antipartícula decairá em um antipróton (negativo), um pósitron (positivo) e um neutrino (sem carga).

VIOLAÇÃO E DESEQUILÍBRIO

Pegue uma partícula, substitua-a por sua antipartícula, olhe-a através de nosso espelho especial e reverta a direção do tempo. Essa receita aplicada a qualquer partícula deveria resultar em algo indistinguível da partícula inicial. Em linguagem um pouco mais técnica, diríamos ‘aplique a operação CPT e observe se as três simetrias são conservadas’.

Apesar de abstrato, é nessa operação que está a chave para se entender a falta de antimatéria no universo. Acredita-se que a simetria CPT seja conservada, pois, além de todas as teorias aceitas estarem baseadas na conservação dessas simetrias, não foi encontrado nenhum sinal de violação em qualquer dos experimentos até hoje realizados para testá-la. Atualmente encontram-se em preparação no CERN os experimentos ATHENA, que pretendem, usando feixes laser, aprisionar antiátomos para testar a simetria CPT.

Para ilustrar a capacidade dessas três simetrias em fornecer informações sobre a natureza, podemos recorrer a mais um exemplo. Imagine uma esfera perfeita sendo observada através de um espelho: não



é possível distinguir, como já vimos, o objeto de sua imagem, portanto havendo aí um caso de conservação da simetria P.

Mas se houver uma pequena imperfeição na esfera (uma palavra escrita nela), haverá uma diferença clara entre ela e a imagem dela. Logo, a observação da violação de uma simetria pode indicar diferenças entre objetos.

Para explicar a existência de um universo em que existe mais matéria do que antimatéria, é necessário encontrar uma violação de simetria entre partículas e antipartículas. Por certo tempo, os físicos pensavam que as três simetrias descritas acima seriam conservadas ao serem aplicadas separadamente a qualquer interação entre partículas.

No entanto, resultados experimentais mostraram que, sob certas condições, as simetrias P e C não se conservam. Em 1964, os físicos norte-americanos James Cronin e Val Fitch, ambos então trabalhando no Laboratório Brookhaven, em Upton (NY), nos Estados Unidos, demonstraram experimentalmente que a combinação CP não se conservava – CP corresponde a olhar a partícula no espelho especial e em seguida trocá-la por sua antipartícula. Esses estudos foram feitos com partículas denominadas káons neutros, formadas por um quark *down* e um antiquark *strange*. Violar a simetria CP significa que a natureza tem preferência pela matéria do que pela antimatéria (figura 3).

É nessa violação de CP que está a base da terceira condição de Sakharov. A violação de CP, segundo ele, é necessária para termos o desequilíbrio entre matéria e antimatéria, pois, ao violar a simetria de CP, a natureza dá preferência à produção de matéria em detrimento da de antimatéria.

ALGUMA COISA ERRADA

Como mostrar se houve ou não violação dessa simetria (CP)? Uma maneira de fazer isso é observando como quarks de um tipo se transformam em outro, bem como antiquarks se transformam em outros antiquarks. Um quark pode se transformar de várias maneiras. A chance de cada uma dessas formas ocorrer é chamada de probabilidade de transição. Se pudessemos fazer experimentos com quarks isolados, poderíamos, por exemplo, medir a probabilidade do quark *b* se transformar em quark *c* e a probabilidade do antiquark *b* se transformar em antiquark *c*.

Se essas probabilidades de transição, como passaremos a chamá-las, fossem iguais para quarks e antiquarks, não teríamos nenhuma violação de CP. O Modelo Padrão, porém, não especifica se isso é verdade ou não.

Antes da formulação do Modelo Padrão, conheciam-se apenas quatro tipos de quarks, e a teoria dizia que a probabilidade de transição era a mesma para quarks e antiquarks. Portanto, não deveria haver violação de CP, o que contrariava os resultados de Brookhaven em 1964.

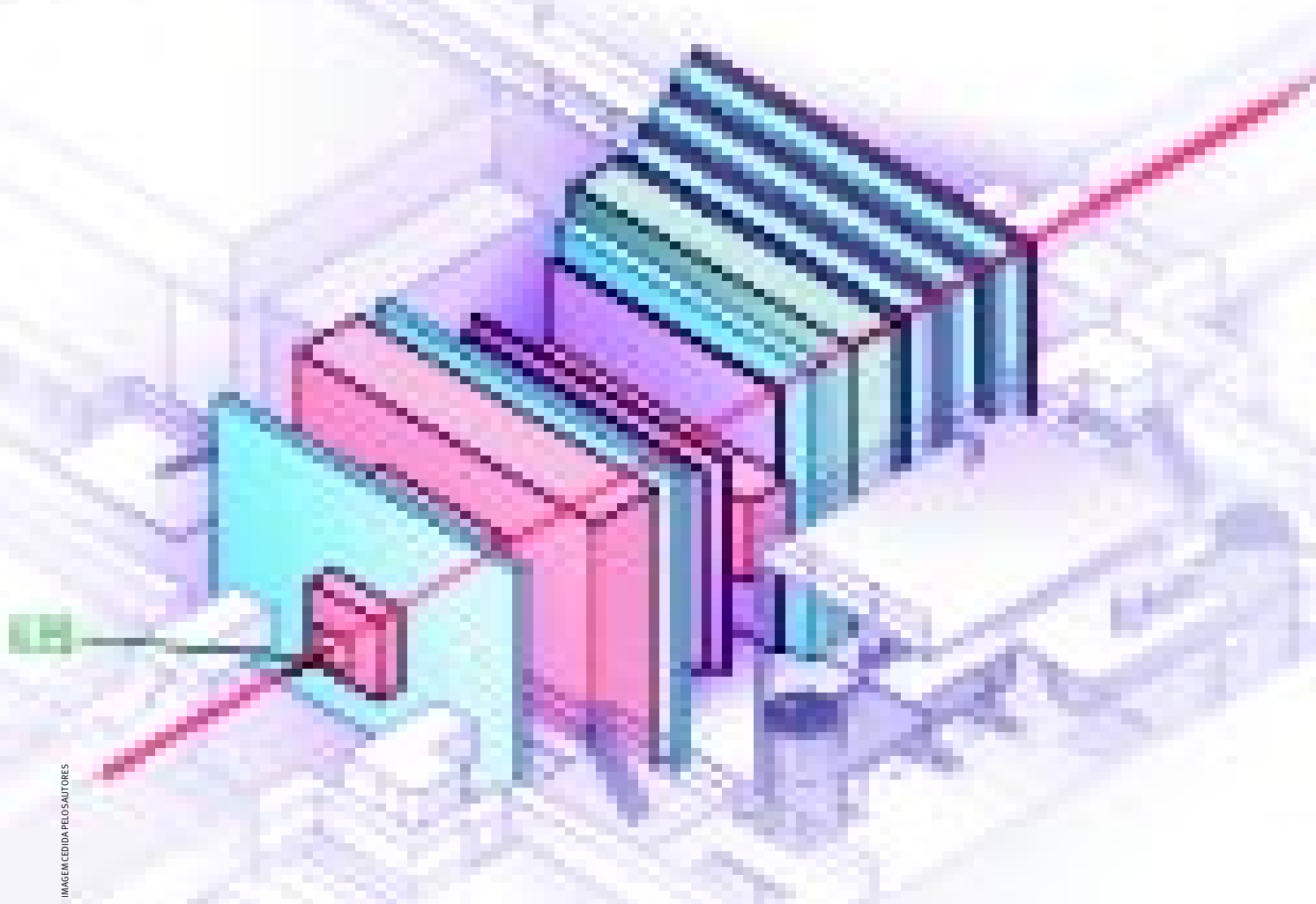
Alguma coisa estava errada. Os físicos japoneses Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa perceberam o que faltava e previram a existência de mais dois tipos de quarks. A teoria deles, agora parte do Modelo Padrão, não especifica se a probabilidade de transição é ou não a mesma para quarks e antiquarks, fazendo da violação de CP uma possibilidade.

A teoria dos seis quarks foi confirmada quando os dois novos quarks foram descobertos experimentalmente: o quark *bottom* em 1977 e o quark *top* em 1995. Esses quarks oferecem uma boa oportunidade para serem medidas as probabilidades de transição, já que eles, com mais massa entre os seis, transformam-se (ou decaem) em quarks mais leves.

Algumas vezes, o *bottom* e o *top* (este o de maior massa entre todos) decaem diretamente; em outras, através de processos complicados. Esses decaimentos serão estudados por novos experimentos que poderão medir com que frequência partículas se transformam em outras.

Esses estudos ocorrerão no detector LHCb (figura 4), sigla para *Large Hadron Collider*, sendo que o 'b' significa que ele deverá tentar medir a probabilidade de transição em partículas denominadas mésons B, ▶

Figura 4. O detector LHCb ficará a 100 m de profundidade, terá cerca de 20 m de comprimento e uma seção reta máxima de 100 m², do tamanho de um apartamento de três quartos, e está previsto para custar 86 milhões de francos suíços (aproximadamente US\$ 65 milhões)



formadas por um quark *down* e um antiquark *bottom*. Serão observados os decaimentos de mésons B e de antimésons B. A comparação de suas probabilidades de seus decaimentos nos permitiria medir a violação de CP.

PREFERÊNCIA DA NATUREZA

Como o Modelo Padrão não prevê qual o grau de violação de CP que devemos observar no decaimento dos mésons B, isso tem de ser medido. Uma vez que

a violação de CP seja medida para um tipo de decaimento, pode-se usar esse resultado no Modelo Padrão para prever quanto de violação de CP esperamos para outros tipos de decaimentos, bem como comparar os resultados obtidos com novas medidas.

O estudo da violação de CP nos mésons B começará em laboratórios na Alemanha, nos Estados Unidos e no Japão. O experimento com o detector LHCb virá mais tarde, mas será nele que a física dos mésons B alcançará seu ápice.

O CERN, situado em Genebra, na Suíça, está construindo um novo acelerador de partículas que entra-

LHCb será desafio para a eletrônica

O detector LHCb será construído para a obtenção de medidas precisas dos decaimentos dos mésons B. Seu caráter específico o torna menos complexo que outros detectores, como ATLAS, CMS e ALICE, que serão construídos no acelerador LHC. O LHCb conta ainda com a vantagem de poder ser otimizado para essas medidas, garantindo o melhor resultado possível para as medidas de violação de CP.

Mesmo sendo simples para os padrões dos futuros detectores de partículas, o LHCb medirá cerca de 20 m de comprimento e deverá ser dividido em várias partes. Seus principais componentes são:

a) O detector de vértices, que irá medir a trajetória das partículas.

b) O RICH (do inglês, *Ring Imaging Cherenkov Detector*) que, em conjunto com o Sistema de Múons, atua na identificação das partículas. Esse detector mede uma radiação chamada Cherenkov (nome do físico russo que a descobriu). Essa radiação é emitida por uma partícula carregada que atravessa um meio material com velocidade maior que a da luz neste meio.

c) O Sistema de Múons é um conjunto de detectores que tem por função identificar, dentre as partí-

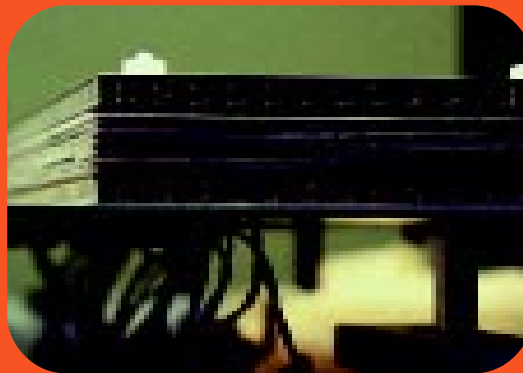
culas observadas, quais são múons (figura 5).

Um dos grandes desafios para a construção do LHCb será sua eletrônica. Só pequena parte das colisões próton-próton produzirá mésons B e, entre as efetivas, apenas uma fração decairá de forma interessante para que sejam feitas medidas de violação de CP.

Para selecionar esses poucos eventos em meio a milhões de outros, será necessário um sofisticado sistema eletrônico. Ele procurará por partículas cujas trajetórias se originaram alguns milímetros depois do ponto onde os prótons colidiram. Iniciar a trajetória próximo ao ponto de colisão é um traço característico deixado por mésons B ou antimésons B no decaimento (figura 6).

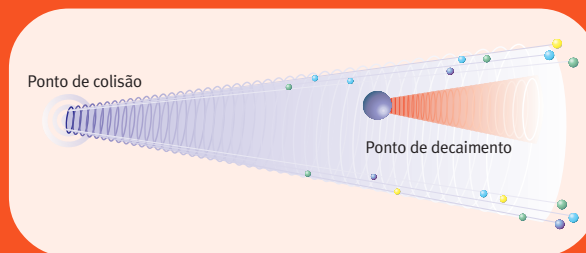
No decaimento do méson B não pode haver a produção de léptons, assim como no decaimento do antiméson B não pode haver a produção de antiléptons. Assim, a identificação de um lépton (elétron ou múon) indica que quem decaiu foi um antiméson B e vice-versa. Quando um evento tem essas características, um sinal eletrônico é enviado para os detectores para que todas as informações sejam obtidas e armazenadas para uma futura análise de dados.

Figura 5. Foto do protótipo de um detector que fará parte do Sistema de Múons do LHCb



FOTOGRAFIA: PEP/OSU/STONES

Figura 6. Esquema de um evento após uma colisão de um próton contra outro próton. O primeiro vértice representa o ponto de colisão; o segundo, o ponto onde o méson B inicia sua transformação em outras partículas. Na física, essa transformação é denominada decaimento. Costuma-se procurar por mésons B em locais muito próximos ao da colisão



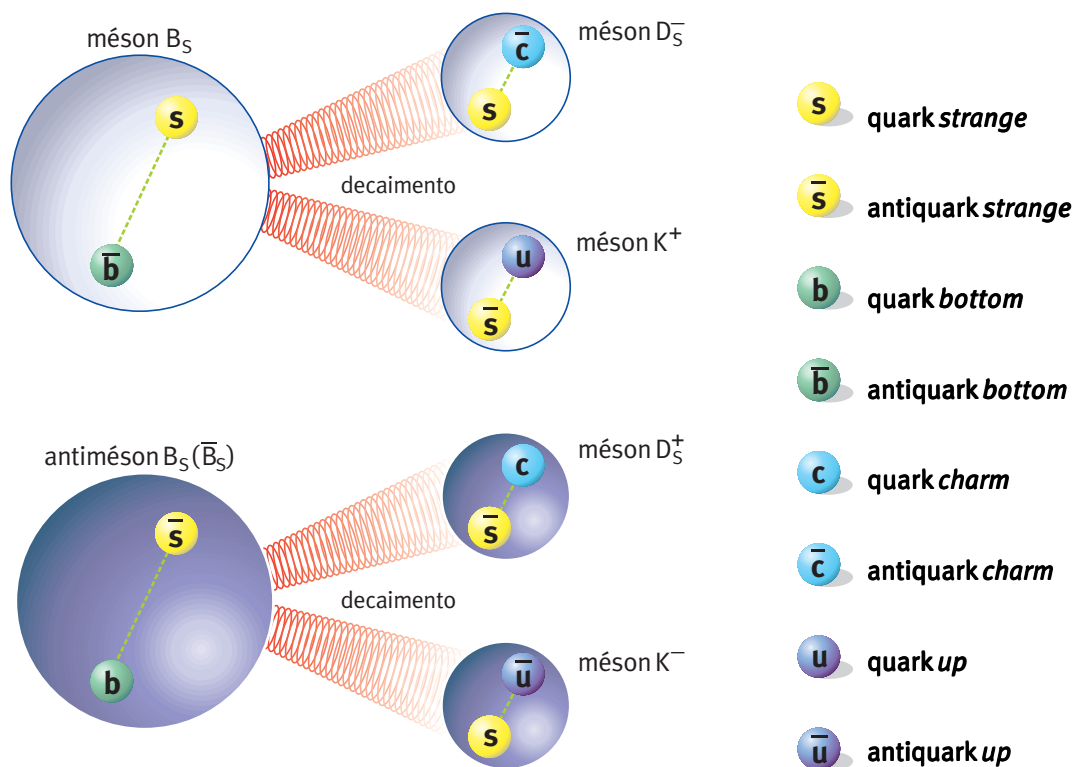


Figura 7. Para medir a violação de CP, os físicos usarão o LHCb para observar decaimentos de mésons B e de suas antipartículas. Será possível medir, por exemplo, a probabilidade de o méson B_s decair emitindo os mésons D_s^- e K^+ , bem como de sua antipartícula, o méson \bar{B}_s , decair emitindo os mésons D_s^+ e K^- . A diferença entre essas duas probabilidades fornecerá uma medida da violação de CP

rá em atividade em 2005 e será o mais potente do mundo. Nessas máquinas, partículas são aceleradas a velocidades próximas à da luz para depois se chocarem, concentrando energias altíssimas – próximas às do *Big Bang* – em diminutas regiões do espaço.

O LHC produzirá colisões entre prótons com energia 10 vezes superior a qualquer acelerador atualmente em atividade. Dentre os muitos processos possíveis nessas colisões, haverá a produção abundante de mésons B – especialmente, como se diz no jargão técnico, em torno do feixe de partículas.

O detector LHCb irá ‘fotografar’ (ou detectar, como dizem os físicos) as colisões geradas no LHC, prometendo coletar um número muito maior de decaimentos dos mésons B do que experimentos anteriores. Isso nos proporcionará a realização de medidas de alta precisão, consideradas cruciais para a física do próximo século.

A construção do LHCb foi proposta por uma colaboração internacional que reúne cerca de 300 físicos ligados a 43 instituições de pesquisa em 13 países diferentes. O Brasil está presente nesta colaboração através de pesquisadores do Laboratório de Física de Partículas Elementares do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAPE/IF/UFRJ). Esse grupo tem responsabilidade na construção de parte do Sistema de Múons, que será fundamental para a tomada de decisão sobre quais eventos deverão ser armazenados para análise.

QUESTÃO PROFUNDA E ESSENCIAL

Fazer experimentos para medir a violação de CP não é tarefa fácil. Trata-se de um efeito pequeno, comparável ao de uma pessoa que acenasse para si própria na frente do espelho mil vezes e só visse uma vez sua imagem acenando de volta com a outra mão.

O Modelo Padrão, teoria atualmente usada para descrever as interações entre as partículas, admite que exista uma pequena violação de CP. Há indícios, entretanto, de que o grau máximo de violação de CP admitido nesse Modelo não seja grande o suficiente para explicar o desequilíbrio entre matéria e antimatéria. Em outras palavras, suspeita-se que o Modelo Padrão preveja menos matéria do que aquela que é observada no universo. E isso, claro, poderia criar certas dificuldades para o Modelo.

Assim, os experimentos projetados para estudar a violação de CP não só contribuirão para elucidar o problema do excesso de matéria no universo, bem como poderão indicar o caminho para novas teorias sobre as interações fundamentais.

Esses experimentos poderiam também mostrar se o Modelo Padrão deve ser corrigido ou deixado de lado, para dar lugar a outro modelo. E, talvez, nos permitirão entender uma questão essencial para a compreensão das leis da natureza e da existência do universo e da própria vida: por que a natureza prefere a matéria à antimatéria? ■

Sugestões para leitura

COUGHLAN, G.D. e DODD, J.E. *The ideas of particle physics*, Cambridge University Press, Segunda edição, 1991.

QUINN, H.R. e WITHERELL, M.S. ‘The asymmetry between matter and antimatter’ in *Scientific American*, outubro 1998, pp. 55.

GUTH, A.H. *O universo inflacionário*, Rio de Janeiro, Editora Campus, 1997.

<http://www.cern.ch/public>