

Através do espelho e o que nós encontramos por lá:

O inverso da matéria

Como sensores de silício — análogos aos que você tem na câmera do seu smartphone — estão ajudando pesquisadores a compreender de que é feito o nosso universo e como é a rotina dos cientistas brasileiros que procuram entender a antimatéria num dos principais experimentos do LHC, o maior colisor de partículas em operação no mundo

GpexDC-Uniso*

*Participaram dos processos de pesquisa e redação para esta reportagem os seguintes membros do **Grupo de produção experimental em Divulgação Científica da Universidade de Sorocaba**: André Fidalgo, Andressa Nogueira, Alexandre Meiken, Aline Albuquerque, Antony Isidoro, Francine Corrêa, Isa Feijó, Pâmela Ramos, Rodrigo Honorato e Vanessa Ferranti, sob coordenação e com a edição do prof. Me. Guilherme Profeta, em parceria com a Rede Nacional de Física de Altas Energias (Renafae).

Dentro de 27 km de tubos metálicos altamente instrumentados, sob a fronteira da Suíça com a França, feixes de prótons — uma das partículas elementares que constituem os núcleos dos átomos — giram rapidamente. E por “rapidamente”, nós queremos dizer *muito* rapidamente: cada próton completa mais de 11 mil voltas por segundo, chegando bem próximo à velocidade da luz, antes de se chocar com outros prótons vindo no sentido oposto. Dadas as proporções, esse choque é tão intenso que os prótons se estilhaçam em várias outras partículas, de vários tipos, semelhantes àquelas que existiram logo após o Big Bang, ou seja, a ocasião do próprio nascimento do universo. Muitos cientistas se ocupam em estudar essas colisões, inclusive muitos brasileiros; o problema é que muitas dessas partículas são tão instáveis que elas logo se transformam em outras (o que os pesquisadores chamam de decaimento) e, por isso, é preciso registrar os produtos desse decaimento logo após o choque entre os feixes de prótons.

Ao longo dessa estrutura colossal, que integra o LHC (*Large Hadron Collider*, na sigla em inglês), o maior colisor de partículas do mundo, são quatro os principais experimentos em operação: o ALICE, o ATLAS, o CMS e o LHCb, cada um voltado a responder suas próprias questões acerca da constituição de todas as coisas. Desses, é o último que tenta entender “o que foi que aconteceu depois do Big Bang que permitiu que a matéria sobrevivesse até hoje, dando forma ao universo em que nós habitamos”, conforme divulgação oficial.

“O LHCb é um dos quatro maiores e mais conhecidos experimentos conduzidos no LHC. Um dos seus objetivos é registrar o decaimento de um tipo específico de partículas: os mésons B, que podem nos ajudar a entender a diferença entre a matéria e a antimatéria”, explica o doutor em Física Leandro Salazar de Paula, coordenador do Laboratório de Física de Partículas Elementares do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IF-UFRJ), um dos brasileiros envolvidos no registro dessas partículas no LHC.

Em busca da antimatéria

Na literatura e no cinema, ela já foi chamada de a fonte de “energia do futuro”. Em *Anjos e Demônios* (2009), o filme baseado no romance homônimo, de Dan Brown, diz-se que ela é “mil vezes mais poderosa do que a energia nuclear” e que “alguns gramas bastariam para suprir a energia de uma grande cidade durante uma semana”. Ao fim da projeção, contudo, ela é usada simplesmente como explosivo, iluminando os céus de Roma. As empreitadas em busca da antimatéria — e suas possíveis aplicações — já motivaram inúmeras obras de ficção científica, mas o que os pesquisadores brasileiros da UFRJ e do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) — assim como da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) — estão fazendo na Suíça está longe de ser ficção.

Segundo o doutor em Física Ignácio Bediaga, presidente do Conselho Técnico Científico da Rede Nacional de Física de Altas Energias (Renafae), a antimatéria é como se fosse o reflexo da matéria num espelho. “Se uma bailarina faz uma pirueta no sentido horário”, exemplifica ele, “quem a observar por meio de um espelho a verá rodando no sentido anti-horário. Isso também ocorre quando olhamos para um elétron e um pósitron (como é chamado o antielétron): o primeiro gira no sentido anti-horário, enquanto a antipartícula gira no sentido horário.” Suas cargas elétricas, da mesma forma, possuem polaridades opostas: enquanto um elétron tem carga elétrica negativa, o pósitron tem carga positiva. Essa propriedade que diferencia uma partícula de uma antipartícula é chamada de *conjugação de carga e paridade*, ou simplesmente CP.

Sabe-se, no entanto, que algumas partículas conseguem violar essa propriedade — ou seja, elas apresentam outras diferenças além do sentido de rotação e da polaridade da carga. São, portanto, assimétricas. Um dos poucos exemplos de violação de CP ocorre associado a uma partícula chamada quark b e entender melhor

como se dá esse fenômeno pode, no fim das contas, ajudar a responder uma das grandes perguntas da Física contemporânea: por que existe mais matéria do que antimatéria no universo?

Acredita-se que matéria e antimatéria tenham surgido simultaneamente durante o Big Bang, a explosão cósmica que deu origem ao espaço-tempo (e, conseqüentemente, ao universo como nós o conhecemos). “Uma descrição simplificada da história do universo seria a seguinte: no início, houve uma explosão que deu origem a pares formados por uma partícula e sua antipartícula. Ou seja, foram criadas matéria e antimatéria, em quantidades iguais. Com o passar do tempo, os pares de partícula e antipartícula deveriam se reencontrar e se aniquilar. Dessa forma, não deveríamos ter matéria no universo, pois todas as partículas criadas deveriam ter se aniquilado, ou ao menos deveria haver uma quantidade igual de matéria e de antimatéria”, explica de Paula. Contudo, não foi isso que aconteceu; cerca de 14 bilhões de anos depois do Big Bang, a matéria é muito mais abundante do que a antimatéria e nós simplesmente não sabemos o porquê. A única explicação possível é que matéria e antimatéria tenham, de fato, propriedades diferentes. “Desde 1964, sabemos que isso ocorre, que quarks e antiquarks se comportam de forma ligeiramente diferente, mas essa diferença não é igual para todos os quarks. O que tem a maior diferença de comportamento é o quark b e, por essa razão, o seu estudo é o que tem maior possibilidade de indicar uma resposta para o problema.”

“Essa questão é seguramente um dos maiores problemas da Física na atualidade”, complementa Bediaga. “Por isso, devemos modificar alguns pontos nas leis atuais da Física, de forma a sermos capazes de explicar esse enorme problema que é o desaparecimento do ‘espelho do universo’, que seria a antimatéria”. Ele explica que a importância de realizar estudos com esses mésons reside justamente na ampliação do conhecimento sobre os fenômenos que envolvem a antimatéria: “a compreensão das suas múltiplas desintegrações e a dinâmica associada a elas interessa não só pelo estudo do que já sabemos, mas pelo descobrimento de novas fontes de assimetria, em outras reações além daquelas que já conhecemos”.

Sensores de silício: dos colisores de partículas à câmera do seu celular

Para chegar a essas respostas sobre a constituição do universo e a proporção entre matéria e antimatéria, um dos equipamentos essenciais é o detector de vértices, cuja função é identificar a trajetória daquelas partículas que são geradas após uma

colisão. “Em geral, são criadas várias partículas ao mesmo tempo. Essas partículas se afastam do ponto de criação, cada uma descrevendo uma trajetória. A origem de todas essas trajetórias é chamada de vértice. O sub-detector responsável por determinar onde fica esse ponto é chamado de detector de vértices e, no caso do LHCb, esse detector se chama VeLo (da sigla em inglês para *Vertex Locator*)”, explica de Paula.

A cada segundo de operação no LHCb, nada menos do que 40 milhões de colisões entre prótons podem ocorrer. A tarefa do VeLo é identificar as partículas geradas, separando os mésons B das demais e identificando qual foi o caminho percorrido por elas. Tudo isso durante um tempo muitíssimo curto — na verdade, 40 vezes menos do que um milionésimo de um milionésimo de segundo. Além disso, antes de se transformar em outras partículas, os mésons B percorrem apenas alguns centímetros, o que significa que os detectores precisam estar próximos ao feixe de partículas. “Dentre todos os sub-detectores de vértices já construídos, o VeLo é o que opera mais próximo do ponto de colisão, com sensores de silício posicionados ao redor, a apenas 7 milímetros”, ele acrescenta.

Esses sensores de silício não são exatamente uma novidade e nem mesmo uma exclusividade de grandes experimentos científicos. Na verdade, é muito possível que você tenha alguns agora mesmo, perto de você. “Os detectores feitos de silício podem ser construídos em diferentes tamanhos e formas. Podem detectar partículas carregadas, mas podem também detectar luz, como nas câmeras fotográficas digitais e as dos próprios celulares, por exemplo. Na verdade, o fato de esses detectores serem leves e pequenos foi o que permitiu a existência de câmeras fotográficas tão compactas e ágeis”, destaca o pesquisador, lembrando que sensores desse tipo estão presentes, também, em scanners usados para a segurança de aeroportos e são usados até mesmo para estudar a estrutura de edificações.

Naturalmente, esse não é o único exemplo de como as tecnologias empregadas para os estudos das colisões de partículas podem estar presentes, também, em nosso cotidiano. “Talvez as pessoas não percebam no dia a dia o quão próximas estão da Física Experimental de Partículas”, acrescenta Diego Figueiredo, doutor em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que atualmente participa de um dos outros quatro principais projetos do LHC, o detector CMS. “Pode-se comparar o nosso trabalho à Fórmula 1: as equipes desenvolvem tecnologia de ponta para competir e, em alguns casos, essas tecnologias são adaptadas para a indústria automotiva. O mesmo ocorre na pesquisa em ciência pura, cujo desenvolvimento tecnológico é imprescindível

e pode gerar inovações para a sociedade”, diz ele, elencando algumas dessas inovações tecnológicas, como novos materiais tolerantes à radiação, sensores mais precisos e eficientes, novos *chips* eletrônicos desenvolvidos em larga escala, a optoeletrônica (circuitos que utilizam luz), sistemas de processamento computacional em nível global e muitos outros. “Tudo isso melhora a vida das pessoas diretamente, nos campos da instrumentação médica, da aviação, das comunicações e da computação, sem contar aquele que acredito ser o maior legado, que é a formação de pessoal e os vínculos científicos formados em diferentes níveis.”

No Brasil, voltando especificamente aos detectores de silício aplicados à detecção de partículas, há um longo histórico de trabalho no LHC, com sólidas perspectivas para o futuro. A ideia é que sensores cada vez mais rápidos e eficientes continuem sendo desenvolvidos, especialmente com a chegada da atualização do LHC — o chamado *upgrade* — que resultará em feixes de partículas mais intensos, demandando equipamentos que suportem radiação e temperaturas mais elevadas.

Rotina anual

O LHC opera num ciclo de doze meses que compreende, na maior parte do ano, períodos de tomadas de dados acrescidos de alguns dias reservados ao desenvolvimento operacional e à calibração. Sempre no começo de cada ano, dois a quatro meses são reservados para as correções e as melhorias, “uma espécie de revisão anual”, como diz de Paula.

“Durante os ciclos de tomada de dados, o detector — no nosso caso, o LHCb — tem de manter todos seus sub-detectores em operação. Para poder coletar dados de todas as colisões, o VeLo deve estar sempre em condições ideais. Para garantir que não haja falhas, temos os *piquets*, que são pesquisadores com treinamento específico que acompanham a tomada de dados realizando plantões de uma semana. Temos vários pesquisadores brasileiros desempenhando tal função. Durante essa semana, eles consultam regularmente os parâmetros técnicos (voltagens, corrente, temperatura etc.) dos sensores do VeLo e atuam sempre que algum deles sai do padrão. Essa pessoa também carrega um celular ligado 24 horas por dia e é chamada se algum alarme do VeLo é acionado. Quando isso ocorre, ele tem a função de corrigir o erro. Isso pode eventualmente ser feito remotamente, mas pode exigir um deslocamento imediato para o local do experimento”, explica.

Vale lembrar que o VeLo é formado por 44 sensores de silício em formato de semicírculo. Os feixes de partículas aceleradas passam pelo centro e, até que elas estejam devidamente estabilizadas, os sensores ficam posicionados a uma distância segura. Só então os detectores são aproximados mecanicamente, para identificar as trajetórias das partículas geradas pelas colisões. Finalmente, cada um dos sensores envia as suas medidas para um computador central que controla o VeLo. E não há uma única trajetória para cada colisão, de modo que 40 milhões de colisões equivalem a 1,6 bilhão de registros de trajetórias. É preciso não apenas garantir que o sistema esteja apto a registrar toda essa informação, mas também que os detectores estejam resistindo aos danos inerentes à operação. É um trabalho que exige monitoramento constante.

“As partículas detectadas são um tipo de radiação, e como tal, causam danos ao detector”, conta de Paula. “Devemos controlar esses danos, agir para revertê-los quando possível ou decidir substituir o detector quando não há outra solução. Como uma eventual substituição só pode ocorrer na parada do início de ano, não podemos correr o risco de ter sensores parando de funcionar no meio da tomada de dados. Para isso, fazemos estudos continuados sobre a evolução do comportamento dos sensores, para poder prever as substituições com antecedência. Outro problema é entender como as respostas do detector estão sendo comprometidas, para poder corrigir suas medidas.”

É esse monitoramento contínuo que evita acidentes e garante que os pesquisadores envolvidos entendam cada vez melhor os pormenores da detecção de partículas. “O monitoramento é uma atividade essencial para o aprimoramento dos detectores”, conclui.

Já há quase 30 anos, desde 1990, diversos grupos brasileiros de várias universidades e centros de pesquisa — entre os quais estão as equipes de pesquisadores da UFRJ e do CBPF — contribuem para os experimentos conduzidos no LHC. Especificamente em relação ao LHCb, os pesquisadores vêm participando tanto da construção dos detectores quanto das análises de dados obtidos em si. O CBPF, por exemplo, tem três projetos importantes: o primeiro relacionado à análise de dados envolvendo matéria e antimatéria; outro envolvendo a computação em *grid*, com 1.500 núcleos de processamento dedicados a contribuir com a rede internacional de processamento e armazenamento de dados do LHC; além da atuação no próprio *upgrade*, particularmente na instrumentação do detector de fibras cintilantes — um equipamento que, tal qual o detector de silício, tem como objetivo a detecção de trajetórias, porém cobrindo uma área maior —, num projeto que envolve um pesquisador dedicado, seis estudantes de pós-graduação

e um técnico. Já quanto aos detectores de vértice, há pesquisadores brasileiros da UFRJ trabalhando nessa área desde 1993. Atualmente, a colaboração engloba tanto a operação do VeLO atual quanto a participação na construção do novo VeLo, que entrará em operação após o upgrade.

CONTATOS:

Prof. Me. Guilherme Profeta (GpexDC-Uniso)

Email: guilherme.profeta@prof.uniso.br

Prof. Dr. Ignácio Bediaga (RENAFAE)

Email: bediaga@cbpf.br