

Padrão de partículas que seria produzido no CMS, um dos detectores do LHC, após a criação de um bóson de Higgs

Pesquisas no mundo subatômico

Físicos buscam vestígios de novas partículas elementares e de fenômenos desconhecidos deixados nos aceleradores mais poderosos já construídos

Igor Zolnerkevic ●

“Rapaz, vou entrar no detector e ver tudo. Mando fotos depois”, conta animado o doutorando Ângelo Santos, direto do Fermilab (Laboratório Acelerador Nacional Fermi), nos EUA, em reunião via internet com colegas no Instituto de Física Teórica (IFT), da Unesp de São Paulo. Eles discutem as análises das propriedades das partículas elementares – os constituintes fundamentais da matéria e da radiação.

O detector de partículas que Santos espera conhecer é o DZero, um dos dois detectores do maior acelerador do Fermilab, o Tevatron, o mais potente do mundo até o final do ano passado, quando o famoso LHC, do Cern (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares), na Suíça, começou a funcionar para valer. O DZero é um experimento realizado por uma colaboração de 540 físicos de 18 países,

que inclui Santos e demais membros do Sprace (Centro Regional de Análises em São Paulo, na sigla em inglês), um grupo da Universidade Federal do ABC e do IFT.

O trabalho de Santos é bem mais complexo do que o que ele fazia em seu emprego anterior, o de papiloscopista da Polícia Civil. Mas o objetivo até que é parecido: em vez de desvendar o que aconteceu na cena de um crime, Santos, assim como vários outros pesquisadores da colaboração internacional, analisa os vestígios do que acontece logo após uma colisão entre prótons e antiprótons no acelerador de partículas. Para isso, ele compara os padrões de “pegadas” e “impressões digitais” deixadas por partículas elementares no DZero, com os padrões gerados em computadores, que simulam como as partículas elementares se comportariam em um detector virtual.



Por dentro de um detector de partículas

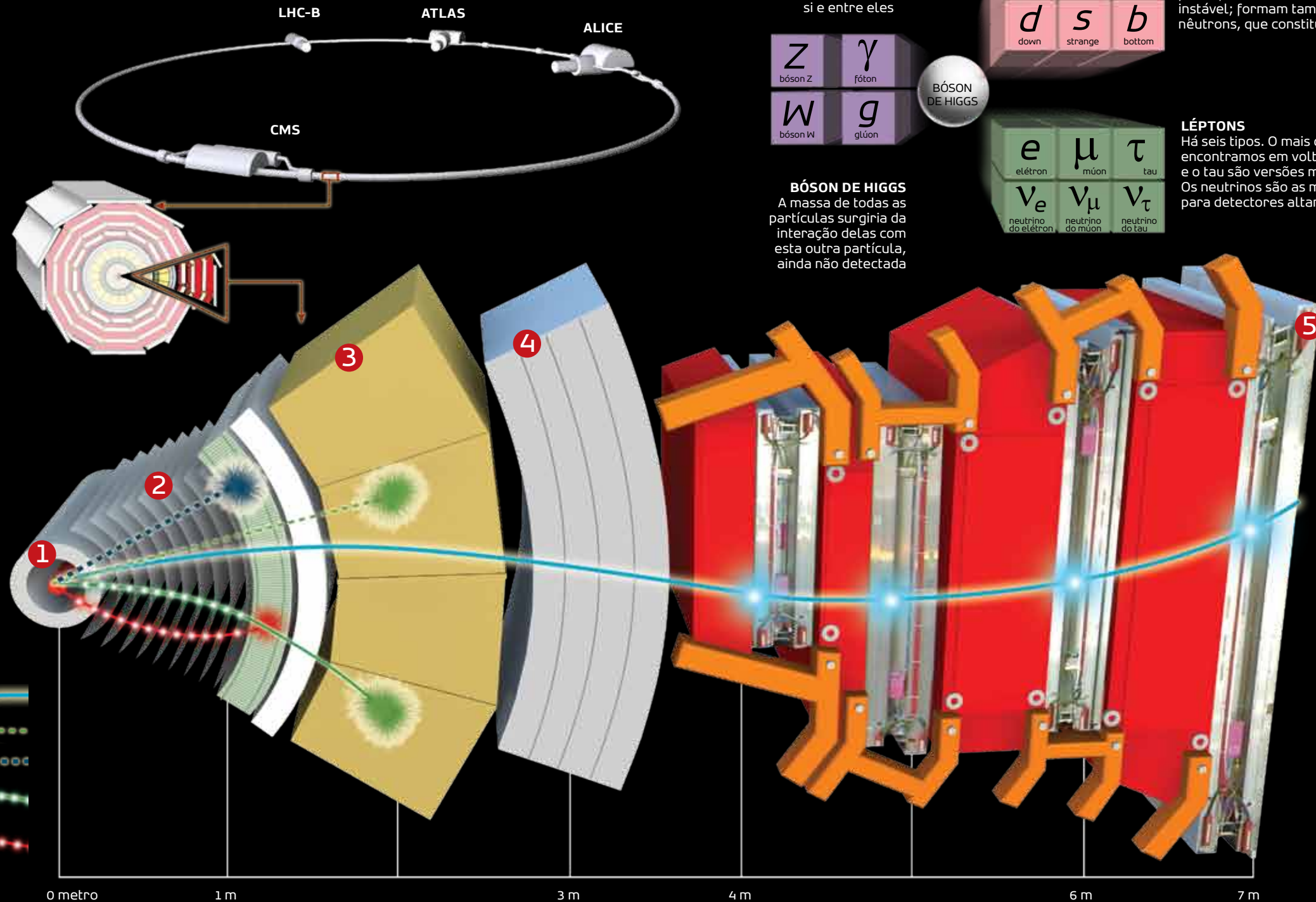
Todo acelerador de partículas tem detectores. O Tevatron (nos EUA) possui dois, e o LHC (na Suíça), quatro. Essas estruturas envolvem o ponto dos aceleradores onde ocorrem as colisões entre as partículas para detectar os resultados. Apesar de diferirem em tamanho (a altura pode variar de um prédio de cinco a um de dez andares), design e tecnologia, todos seguem o mesmo formato de camadas, aqui mostradas no CMS

1 PONTO DE COLISÃO
De onde saem as partículas resultantes do choque

2 CÂMARA DE TRAÇO
As partículas eletricamente carregadas acionam os sensores de silício (pontos brilhantes) nesta camada; já as eletricamente neutras não deixam rastros (linhas pontilhadas)

3 CALORÍMETROS ELETROMAGNÉTICO E HADRÔNICO
Quando colidem com o material do calorímetro, as partículas produzem um "chuveiro" de outras partículas, cujo padrão varia conforme a partícula de origem, ajudando a identificá-las. Fótons, elétrons e pósitrons (antielétrons) colidem com o calorímetro eletromagnético. Já os mésons (partículas feitas de um quark e um antiquark) e os bárions (feitos de três quarks ou antiquarks) colidem com o calorímetro hadrônico

- Múons
- Bárions e mésons neutros
- Fótons
- Bárions e mésons eletricamente carregados
- Elétrons e pósitrons (antielétrons)



O Modelo Padrão

É a teoria que diz quais são as partículas elementares (*quadro abaixo*), suas propriedades e como elas interagem. Para cada partícula abaixo, existe ainda uma antipartícula, igual, mas com carga elétrica invertida

FORÇAS
Quarks e léptons trocam partículas de força entre si e entre eles

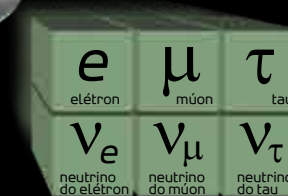


BÓSON DE HIGGS
A massa de todas as partículas surgiria da interação delas com esta outra partícula, ainda não detectada



QUARKS

Existem seis tipos e estão sempre em trios ou pares formando outras partículas, a maioria instável; formam também os prótons e os nêutrons, que constituem os núcleos dos átomos



LÉPTONS

Há seis tipos. O mais conhecido é o elétron, que encontramos em volta de todos os átomos. O múon e o tau são versões mais pesadas e instáveis dele. Os neutrinos são os mais leves, invisíveis exceto para detectores altamente especializados

4 ÍMÃS

Esta camada gera um campo magnético forte o suficiente para curvar a trajetória das partículas eletricamente carregadas. Medir a curvatura ajuda a descobrir as propriedades das partículas

5 CÂMARA DE MÚONS

A última camada registra a trajetória dos múons – um dos dois únicos tipos de partículas conhecidas que não são barradas pelos calorímetros. Os neutrinos também escapam do detector – sua presença é inferida indiretamente



“Queremos ver quanto os dados diferem do previsto pela teoria”, explica o físico Pedro Mercadante, da UFABC. Ele e Santos buscam por uma evidência de que algumas partículas criadas no Tevatron poderiam passear por dimensões espaciais além do mundo tridimensional. Essa evidência seria um sutil excesso no padrão de partículas registrado em um dos componentes do DZero, a câmara de múons (veja quadro nas págs. 14 e 15), algo mais difícil de identificar que uma agulha em um palheiro.

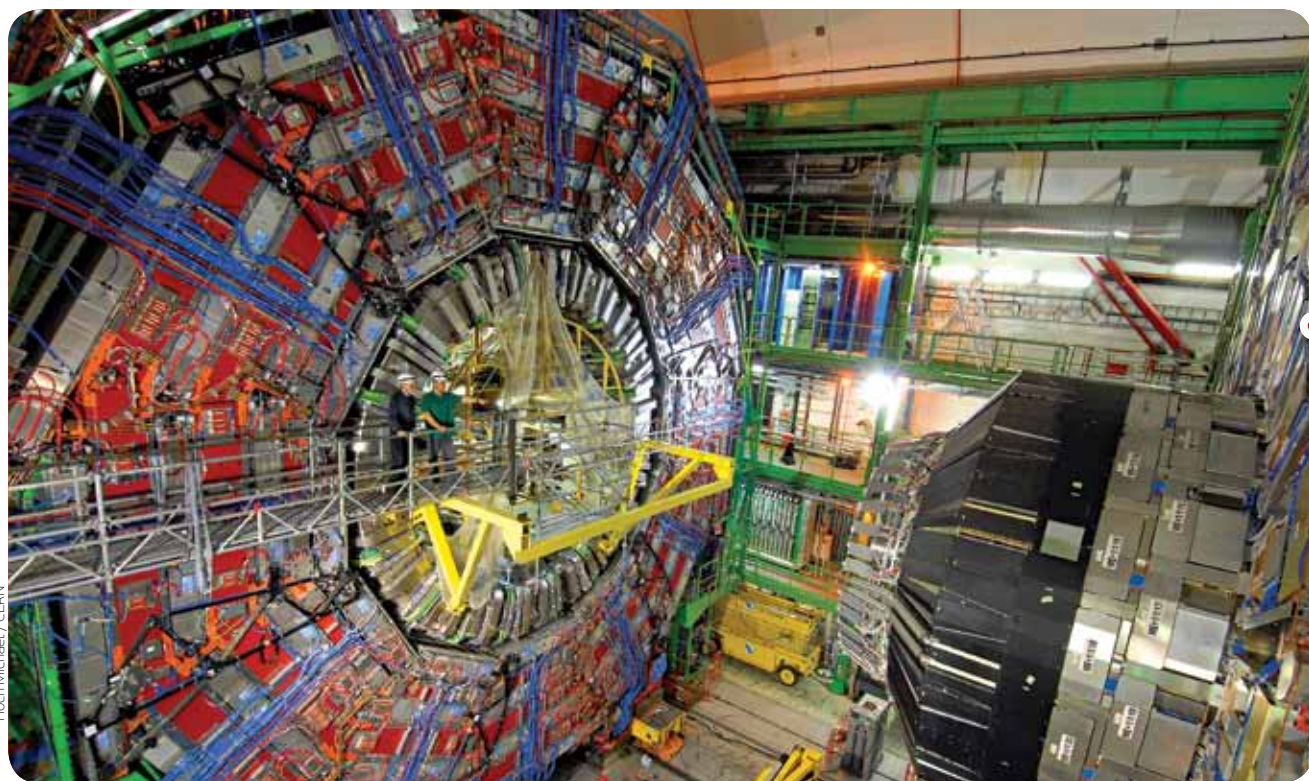
Essa busca por um sinal de que possam existir dimensões extras é só mais uma das inúmeras análises que pequenos subgrupos de físicos realizam das colisões ocorridas no DZero, nos outros detectores do Tevatron e no LHC. Foram estudos como esses que nos últimos 40 anos estabeleceram o chamado Modelo Padrão, que lista os tipos de partículas que existem e como elas interagem (veja quadro na pág. anterior).

Além do padrão

Ao assumir que as partículas seguem as regras do Modelo Padrão, as simulações conseguem explicar praticamente todos os dados registrados até hoje em aceleradores de partículas. Os pesquisadores sabem, entretanto, que o Modelo Padrão é uma teoria incompleta, entre outros motivos porque não explica por que a massa de cada partícula tem um certo valor e não outro.

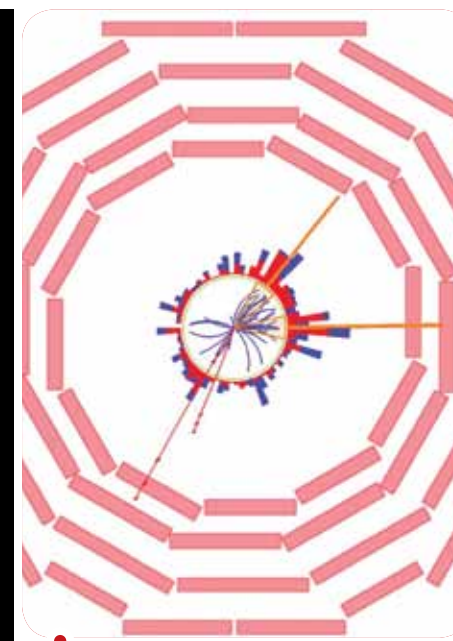
Além disso, resta confirmar a existência de uma última partícula prevista pelo modelo, o famoso bóson de Higgs, que geraria a massa de todas as demais partículas ao interagir com elas. A influência do Higgs nas outras partículas já foi usada para explicar resultados dos detectores DZero e CDF do Tevatron. Garantir que ele existe – ou não – é um dos principais objetivos de dois dos quatro detectores do LHC, o Atlas e o CMS (o Sprace faz parte da colaboração deste último).

A partir das colisões é possível também buscar novos fenômenos e fazer medidas de precisão. Os primeiros podem ser o que os físicos chamam de fenômenos “exóticos” – possibilidades previstas por teorias ainda especulativas, com pouca ou



Hoch Michael / CERN

CAVERNA
Instalação do CMS no túnel do acelerador LHC, em 2008. Físicos da Unesp colaboram com o processamento dos sinais registrados pelo detector de partículas criadas nas colisões entre prótons



RECONHECIMENTO DE PADRÕES
Físicos concluíram que as partículas que deixaram esses sinais em junho no CMS surgiram de um par de quarks top

nenhuma evidência experimental, como a existência de dimensões extras e a produção de miniburacos negros durante as colisões entre partículas.

“Difícilmente dá para afirmar com uma análise que algo não existe”, explica Eduardo Gregores, da UFABC. “O que fazemos é colocar limites de exclusão para garantir que, se aquele fenômeno exótico existe, ele está fora dos limites do que conseguimos ver.”

Um exemplo de limite de exclusão foi um dos últimos resultados anunciados pelas colaborações DZero e CDF, em julho. Analisando os sinais de 500 bilhões de

colisões registrados desde 2001, os pesquisadores alargaram o intervalo dentro do qual se tem 99,73% de certeza de que o valor da massa do bóson de Higgs não se encontra. O resultado esquentou a corrida pelo Higgs entre o Tevatron e o LHC.

Aprendendo com os erros

Já as medidas de precisão são as análises que reexaminam o que já foi descoberto. “Essas medidas testam os limites do Modelo Padrão”, explica Gregores. Os pesquisadores conferem as propriedades de partículas velhas conhecidas, como o quark top, descoberto no Tevatron em 1995. “É isso o que estão fazendo no momento no LHC”, conta outro físico do Sprace, Franciole Marinho, pós-doutorando do IFT. “Redescobrir o Modelo Padrão é uma maneira de garantir que os experimentos estão funcionando.”

As possibilidades de haver erro nessas análises são inúmeras, e a maneira mais direta de reduzi-los é obter cada vez mais dados. É como em uma pesquisa eleitoral de intenção de votos. Quanto mais pessoas forem entrevistadas, mais confiança se tem no resultado. Por isso alguns pesquisadores querem estender o tempo de vida do Tevatron, previsto para ser desa-

ativado no ano que vem. Se ele funcionar até 2014, poderá ter dados para encontrar o Higgs antes do LHC – que será fechado para manutenção por 15 meses no final de 2011 – e vencer a corrida no estilo da fábula da lebre e da tartaruga.

Os cientistas também têm de lidar com as inevitáveis imperfeições dos aparelhos de medida, os chamados erros sistemáticos. Gregores lembra que, por serem extremamente sensíveis, os feixes de partículas podem, vez ou outra, ser afetados por forças gigantescas, como a atração gravitacional da Lua ou o terremoto do Haiti do começo do ano. “Na hora de fazer a análise tem de levar em consideração todos esses erros”, diz.

Marinho explica que é por isso que há dois detectores no LHC com o objetivo de detectar o Higgs (o CMS e o Atlas). “São dois métodos distintos, para garantir que existam duas medidas independentes para comparar. Às vezes há discrepâncias que ajudam a encontrar erros sistemáticos”, afirma o pesquisador.

“Uma vez o CDF anunciou a descoberta de sinais de subestrutura nos quarks [desse modo os quarks não seriam partículas elementares, mas feitos de outras partículas]. Aí fizeram as mesmas medidas no DZero

e não se achou nada”, lembra Gregores. “Provavelmente fizeram uma suposição nas análises que não estava correta ou não levaram em conta algum erro sistemático.”

Para completar sua análise, Santos nem precisaria chegar perto do detector nem do acelerador. Ele poderia simplesmente analisar os dados obtidos. Mas em seu estágio de um ano no Fermilab, o doutorando de física teórica está pondo a mão na massa. Ele ajuda a alinhar os campos magnéticos do Tevatron, a programar um software para identificar múons (partícula parecida com o elétron, só que bem mais pesada e de vida curta) e faz vários plantões em que ajuda a “pilotar” o DZero.

E isso não é apenas o esforço de um cientista que quer aprender de onde vêm seus dados. “O experimento não anda sem a colaboração de todos os físicos”, explica Sérgio Novaes, físico do IFT, coordenador do Sprace e orientador de Santos. “Não temos uma trupe de técnicos à nossa disposição.”

“É bem interessante a sociologia dos experimentos”, complementa Gregores. “Tem gente que analisa os dados, desenvolve uma parte do detector ou o sistema de computação. Mas não importa o trabalho específico que se faz como pes-

quisador, existe o trabalho comum. Todo mundo tem de fazer plantão de tomada de dados, por exemplo. Desde o diretor geral da colaboração ao estudante que acabou de entrar. É uma coisa absolutamente democrática e horizontal.”

Fábricas de partículas

O objetivo dessas máquinas é acelerar partículas subatômicas carregadas eletricamente até quase a velocidade máxima concebida pela ciência, a da luz (300 mil quilômetros por segundo). No Tevatron essas partículas são prótons e antiprótons, enquanto no LHC, apenas prótons e, em breve, também núcleos de elementos pesados. Quem fornece energia para acelerá-las são os campos magnéticos de uma série de ímãs gigantes ao longo do túnel circular por onde elas viajam rumo à colisão em certos pontos do anel, envolvidos pelos detectores.

Quando dois feixes de prótons/antiprótons vindos de direções opostas colidem, surgem novas partículas, completamente diferentes, criadas com a energia do choque. Quanto maior essa energia, maior a chance de surgirem partículas raras, pesadas e de vida breve, que quase instantaneamente “decaem” em cascatas de partículas mais leves e estáveis. Daí a obsessão por aceleradores cada vez mais poderosos.

Os físicos não podem, nem querem, registrar o resultado de todas as colisões. Das milhões que ocorrem por segundo, os plantonistas de todos os detectores gravam apenas cem. “Como temos uma ideia do que buscamos, pré-analisamos rapidamente os eventos”, explica Gregores. Assim, são registrados apenas aqueles que parecem ter algo de interessante. Mas os cientistas sempre estão abertos a surpresas. De tempos em tempos, um evento é gravado sem pré-avaliação. “Para não perder o completamente inesperado”, conta Gregores.

Os plantonistas também precisam ser eficientes na hora de ligar todas as partes do detector, para evitar o desperdício de dados. Por isso, eles competem para ver quem põe de pé mais rápido o sistema de tomada de dados. “O recorde no DZero é de 52 segundos”, conta Santos. “Consegui fazer em 58, ficando na 24ª colocação.” **UC**

Pesquisadores precisam levar em conta as possibilidades de erros nas análises e a sensibilidade dos aparelhos. Feixes de partículas já foram afetados, por exemplo, pela atração gravitacional da Lua e pelo terremoto do Haiti do começo do ano