



E se o Higgs não existir?

E se o LHC não descobre nada?

Como em 2009 o LHC poderá mesmo entrar em funcionamento, é altura de pormos estas perguntas: e se o bóson de Higgs não existir? E se o LHC não descobre nada? É claro que muitos cientistas já pensaram profundamente nas respostas. Só assim é que o projecto LHC se pôs em pé. Mas há duas maneiras de abordar esta questão - a política e a científica.

Na política, há que considerar quais seriam as consequências para a investigação científica se o LHC não desse os resultados esperados. Continuará a ser possível convencer os governos a investirem em mais grandes (e dispendiosas) experiências? Ou representaria tal resultado um duro golpe na física (experimental e não só) de partículas?

A abordagem científica consistiria em responder à questão: que alternativas existem à existência do bóson de Higgs? Se se confirmar que o bóson de Higgs não existe será que é toda uma filosofia - da quebra espontânea de simetria - que desaba, pelo menos na física de partículas?

Numa questão: será que se do LHC não resultar nada estamos perante um fracasso? Um físico sabe perfeitamente que o resultado de uma experiência bem feita nunca é um

fracasso, custe o que custar. Agora, como convencer disso o público? Foi esta a questão que a Gazeta de Física colocou a quatro físicos de partículas portugueses: Gustavo Castelo Branco e João Seixas, do Centro de Física Teórica de Partículas do Instituto Superior Técnico, Jorge Dias de Deus, do Centro Multidisciplinar de Astrofísica do Instituto Superior Técnico e Augusto Barroso, do Centro de Física Teórica e Computacional da Universidade de Lisboa.

Filipe Moura

A QUESTÃO CIENTÍFICA E A QUESTÃO POLÍTICA

Na hipótese mais conservadora, que eu perfilho, de se descobrir um bóson de Higgs começará um outro caminho de pesquisa fascinante. Será único? Quais as suas propriedades? Para este programa o LHC não vai ser suficiente.

Para além de procurar o bóson de Higgs o LHC tem outra agenda. É legítimo interrogarmo-nos sobre a razão pela qual a massa do Higgs é relativamente pequena (da ordem de 10^2 GeV) quando comparada com a escala natural de massa, a massa de Planck que é de 10^{10} GeV. Pode-se argumentar que esta hierarquia de escalas de massa necessita de um mecanismo de estabilização. Este mecanismo aparece se o modelo padrão for generalizado para uma versão supersimétrica. Estas teorias, designadas usualmente por SUSY prevêem uma enorme plêiade de novas partículas. A descoberta de algumas delas seria um grande triunfo para o LHC, tanto mais que entre as novas partículas previstas pela SUSY existem alguns candidatos para explicar a matéria escura do universo. Por outro lado, se o LHC não detectar nenhum vestígio da supersimetria dificilmente esta teoria lhe sobreviverá.

Já que falei de matéria escura talvez seja interessante referir que também poderá acontecer que o LHC possa abrir uma nova janela para examinar a teoria da gravitação a distâncias a que nunca anteriormente foi testada.

Não tenho portanto qualquer dúvida de que os próximos dez anos vão ser muito importantes para o avanço do nosso conhecimento. É impossível o LHC ser um falhanço. A hipótese mais conservadora será descobrir apenas um Higgs e nada mais! Vejamos agora o aspecto político da questão ainda que a minha resposta à questão científica já tenha condicionado esta resposta. A ciência actual ou, pelo menos alguma ciência actual exige meios experimentais tão dispendiosos que se pode tornar difícil convencer os contribuintes a fazerem esse investimento. Isto reforça a necessidade de se explicarem bem os objectivos e as expectativas das várias experiências. Desta forma pode-se alargar a toda a comunidade a participação na aventura do conhecimento. Contudo, penso que também é imprescindível moderar algum triunfalismo sobre a veracidade das teorias e das suas previsões. É sempre preciso

sublinhar que o conhecimento nunca é completo e que é da própria essência da ciência que a cada nova resposta correspondam novas perguntas. Por outro lado, nunca será demais sublinhar outro aspecto do investimento nestas experiências. Pela sua própria natureza implicam a utilização e o desenvolvimento de tecnologias que em cada momento, estão no limite do possível. Deste modo, o dinheiro investido funciona como um grande estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias. Para não falar do CERN e de física de partículas recordo o enorme impacto industrial e até educacional do programa espacial Apollo.

Depois do LHC provar a existência do bóson de Higgs não vai ter possibilidade de esclarecer todas as questões relacionadas com a sua existência. Sendo uma máquina em que as partículas que colidem são prótons o sinal daquilo que se pretende medir será escondido por uma enorme quantidade de outros acontecimentos irrelevantes para o problema em estudo. Então o esclarecimento completo das propriedades dos bósons de Higgs, eventualmente mais do que um, precisa de um novo acelerador de electrões e positrões. Será o **International Linear Collider**.

Augusto Barroso
CFTC, UL

LHC: UMA ERA DE OURO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

Para se compreender a importância da partícula de Higgs, como componente fundamental do Modelo Padrão (MP) das interacções electrofracas e fortes, há que analisar a génese das teorias de gauge de unificação, de que o MP parece ser o exemplo escolhido pela Natureza. Quando as interacções fracas foram descobertas, através do decaimento do neutrão, do muão e de muitas outras partículas, havia que começar por compreender a sua universalidade, o que foi feito de modo brilhante, por Nicola Cabibbo. Entretanto, desde muito cedo surgiu a ideia de que, tal como o electromagnetismo, as interacções fracas seriam mediadas por partículas vectoriais. Na altura em que foram propostas, no início da década de 60, os modelos com “intermediate vector bosons (IVB)” tinham termos de massa para estes bósons, incluídos “à mão” no Lagrangeano. O problema destas teorias com IVB é que não eram renormalizáveis. O ponto crucial é que os termos de massa para os IVB, quebram explicitamente a simetria de gauge. Um desenvolvimento fundamental foi a descoberta do mecanismo de Brout, Englert e Higgs (BEH), que explora a quebra espontânea da simetria de gauge. Neste cenário,

o Lagrangeano é invariante de gauge mas o vácuo não respeita a simetria de gauge, conduzindo à sua quebra espontânea. Quando implementado no contexto do MP com um único dubleto de Higgs o mecanismo BEH conduz ao aparecimento de um par de IVB carregados, designados por W_{\pm} e um neutro, designado por Z. Como “memória” de que a simetria de gauge foi quebrada espontaneamente, temos ainda um escalar físico, neutro, normalmente designado bosão de Higgs. O grande passo seguinte foi conseguido por 't Hooft e Veltman que provaram no princípio da década de 70 que teorias de gauge com quebra espontânea de simetria são renormalizáveis.

Entre os grandes sucessos do MP contam-se a previsão e descoberta dos mesões W_{\pm} e Z e a descoberta das correntes neutras, com uma estrutura de acordo com as previsões do MP. Outra previsão notável do MP foi a existência do quark “charm”, para eliminar de modo natural, a nível árvore, as correntes neutras que violam o sabor. O charm “tinha que existir” e a sua massa tinha que ser à volta de 1-2 GeV. Apesar do seu grande sucesso, o MP não é certamente a teoria final, uma vez que deixa em aberto muitas questões fundamentais, tais como a questão do sabor, com o aparecimento de três gerações de quarks e leptões, com um espectro de massas e um padrão de misturas que não são determinados pelo MP. O bosão de Higgs está intimamente ligado a todos estes problemas, uma vez que quarks e leptões adquirem massa através das interações de Yukawa que envolvem Higgs e fermiões.

Em relação à massa do Higgs o MP não faz uma previsão precisa para o seu valor. No entanto, os testes de precisão apontam claramente para um Higgs relativamente leve. Em particular, se tomarmos o valor 200GeV para a massa do Higgs, todos os testes de precisão do MP são satisfeitos. Se a natureza nos surpreender e em particular se o LHC não descobrir a partícula de Higgs, então teremos de rever as nossas ideias sobre a quebra da simetria de gauge. Mas isso será em si, uma “descoberta” fascinante e um grande desafio, sobretudo se os dados experimentais apontarem para algumas das várias alternativas que têm sido propostas para a quebra espontânea de simetria, ou para qualquer outra solução ainda desconhecida.

O que é certo é que o LHC irá contribuir para esclarecer o mecanismo de quebra de simetria de gauge e de geração de massas para as partículas elementares que se conhecem. Como realçou recentemente Frank Wilczek, com a entrada em funcionamento do LHC irá iniciar-se uma “New Golden Age” da Física de Partículas. No âmbito do nosso País, é essencial que os nossos jovens aproveitem esta oportunidade, participando de modo entusiástico nesta grande aventura, tanto mais que Portugal é membro do CERN e há grupos de físicos teóricos e experimentais portu-

gueses a trabalhar na Física do LHC.

Gustavo Castelo Branco

CFTP, IST

É UM ABSURDO PENSAR QUE O LHC NÃO VAI DESCOBRIR NADA!

O sucesso da física de partículas nos últimos 50 anos pode ficar abalado. Isto porque se para interações mediadas por partículas sem massa - como o fóton - tudo está claro, para interações em que o mediador tem massa, caso da teoria da interação fraca, com os bosões W e Z, tendo massas da ordem de 100 vezes a massa do protão, talvez percamos uma explicação simples, que é a da quebra de simetria e da existência do bosão de Higgs. (Quererá também dizer que os prémios Nobel atribuídos a Weinberg, Glashow e Salam o foram erradamente? ...)

Praticamente todo o desenvolvimento teórico assentou na ideia de quebra de simetria (introduzida entre outros pelo Nobel 2008, Nambu) que diz que o Z e o W podem ter massa desde que uma outra partícula - o bosão introduzido pelo senhor Higgs - fique com a responsabilidade pela existência dessa massa. Mas se o Higgs não aparece, não é detectado, como é que pode ficar responsável?

É um absurdo pensar que o LHC não vai descobrir nada! O acelerador está a explorar regiões, em energia e momento, que não foram estudadas antes e portanto há nova física a explorar. A questão está em saber se o que se vai descobrir é do estilo “ciência normal”, isto é, que se obtém por extrapolação simples de ideias e modelos que já existem, ou, pelo contrário, se se abrem espaços que possam conduzir a rejeições paradigmáticas.

Neste contexto, as experiências a fazer no LHC, e em particular a descoberta da partícula Higgs que tem a responsabilidade pela existência de massa, embora tenha por de trás muitos modelos “normais”, fixará um paradigma. Novo ou velho? Ainda não se pode dizer. É assim a Ciência: Vai-se fazendo e as surpresas podem acontecer.

Sabemos hoje, de experiência própria, que o maior acelerador do mundo não é o LHC. Será, sem dúvida, o maior de fabrico humano. mas nós recebemos todos os dias informação (experiência Auger, na Argentina) sobre reacções de partículas ocorrendo a energias cerca de 100 vezes maiores do que a energia máxima conseguida no LHC. Há no Univer-

so potentes aceleradores, ligados talvez aos núcleos densos das galáxias, que têm muita física para nos ensinar. Que nos podem ajudar a perceber as partículas e o Universo.

Jorge Dias de Deus

CENTRA, IST

QUASE SERIA MAIS INTERESSANTE SE O HIGGS NÃO EXISTISSE

A melhor forma de começar a discussão do papel dos grandes projectos de Física na sociedade será porventura, à boa maneira de Einstein, realizar uma experiência conceptual. A experiência é simples: vamos idealmente deslocar-nos a um local remoto de Portugal e perguntar ao hipotético senhor Manuel, pastor de ovelhas de sua profissão (ou, para o efeito, à pessoa mais afastada da ciência fundamental, que consiga encontrar), se estaria disposto a utilizar o dinheiro dos seus impostos na construção de uma máquina gigantesca para descobrir os segredos mais profundos e bem guardados do Universo. Em particular seria importante para descobrir a partícula de Higgs e confirmar a nossa visão global do mundo. Duas coisas poderiam então acontecer:

- O interlocutor pensa que o leitor não estará no seu juízo perfeito e tentará afastar-se dando uma resposta evasiva;
- O interlocutor ir-se-á insurgir contra esses senhores da capital que usam o dinheiro dos contribuintes para investir em projectos inúteis e que provavelmente só servirão para enriquecer mais alguns políticos ou grandes empresários de forma ilícita, mas totalmente legal.

Em conclusão, esses projectos nunca poderiam ser feitos com o dinheiro dos contribuintes portugueses. Mas são-no. Porquê?

Há duas respostas: a científica e a política. Começamos talvez pela primeira que, de certa forma, é a mais simples. Na verdade, pensar que a construção de uma máquina como o LHC está baseada unicamente na descoberta do Higgs é, obviamente, um disparate. Ter encontrado um Modelo Standard que contém dezenas de parâmetros a ser ajustados para descrever o nosso Universo, embora represente um imenso sucesso em si perante a complexidade do problema em causa, está claramente longe de ser um resultado final convincente. A incerteza sobre a realidade do Higgs é apenas uma das muitas incertezas ainda presentes no modelo e, de certa forma, quase seria mais interessante e informativo

se o essa partícula não existisse. Problemas como a origem das massas para as partículas elementares do modelo, a razão de ser dos acoplamentos conhecidos, como funciona em detalhe a força forte, qual a verdadeira natureza da matéria escura e da energia escura, só para nomear alguns, representam perguntas sem resposta no estado actual dos nossos conhecimentos. Todas elas de importância igual ou superior à existência ou não do Higgs.

Sabemos agora que conhecemos muito pouco sobre a constituição do Universo. Falta-nos informação que este novo acelerador nos poderá fornecer. O LHC é uma janela para um novo mundo onde muito provavelmente algumas, ou todas, destas perguntas encontrarão uma resposta, resposta que suscitará inevitavelmente novas perguntas que nos aproximarão um pouco mais das respostas finais. A Ciência é na verdade um edifício em permanente construção em que cada um de nós traz um pedacinho na medida das suas capacidades: os cientistas e engenheiros o seu conhecimento, incompleto, da matéria e das suas interações, as empresas e os políticos a sua capacidade de construir coisas e gerir equipas e o público em geral o seu apoio, financeiro ou simplesmente de encorajamento.

Chegará isto para garantir a existência de qualquer grande projecto em ciência fundamental?

A resposta é, muito provavelmente, não. Isso leva-nos à vertente política da questão. A Ciência tem, do ponto de vista social, efeitos colaterais que são importantes para os cidadãos. Projectos como o LHC são desafios imensos do ponto de vista tecnológico, que têm de ser resolvidos criando novas soluções para além do que é conhecido e possível de fazer no estado actual. Isso significa, nomeadamente, desenvolver novos materiais, nova electrónica, novas tecnologias de baixas temperaturas, novas tecnologias informáticas e de redes. Todas estas técnicas são desenvolvidas por pessoas, frequentemente jovens, que aprendem e estendem a tecnologia actualmente existente. No processo estes cientistas e engenheiros vão adquirindo um know-how inestimável que é difundido para dentro do grande número de empresas de todos os países que participam no projecto, ou porque os protótipos são desenvolvidos em projectos de colaboração dessas empresas com o CERN, ou porque esses mesmos jovens são contratados por essas empresas. O simples efeito de formação técnica e científica no tecido empresarial de cada um dos países membros do CERN chegaria provavelmente para justificar o interesse e o investimento num projecto como o LHC. Esse facto é reconhecido em Portugal através de programas como o da Agência de Inovação, considerado, aliás, internacionalmente como um modelo nesta área.

Mas há mais. O CERN é um imenso centro de transferência de tecnologia de que conhecemos alguns grandes sucessos como a Web ou, actualmente, a computação Grid. Esses desenvolvimentos afectam – e continuarão a afectar – o nosso modo de vida social. Para dar um exemplo, como poderíamos imaginar o nosso modelo de globalização sem

a Web? Pode parecer à partida estranho que tenha sido um laboratório de Física de Partículas a dar-nos tais ferramentas, mas quem o tiver visitado alguma vez perceberá de imediato a razão de isso ter acontecido. O CERN, como todos os grandes centros de investigação pura, são catalizadores de novas ideias, de sede de conhecimento e de inovação. E isso, sim, justifica plenamente o interesse dos cidadãos e, globalmente, dos países que contribuem para o seu financiamento, porque lhes dá as armas para poderem ser fortes e inovadores no futuro.

Sabendo isto, o hipotético senhor Manuel, pastor de ovelhas de sua profissão, estará seguramente de acordo em investir em ciência fundamental para ir à procura do Higgs. Ou de qualquer outro segredo, ainda não revelado, do Universo.

João Seixas
CFTP, IST

