

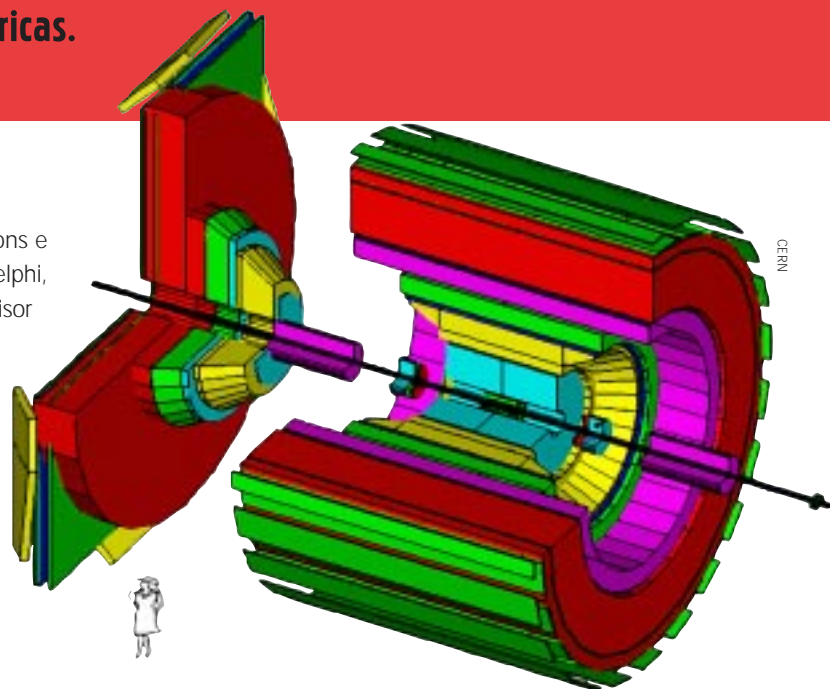
Precisão e sensibilidade

Depois de 11,5 anos, o detector Delphi encerrou sua carreira com uma ficha de bons serviços prestados à física: fotografou dezenas de milhões de colisões da matéria contra a antimatéria, dados que levaram à descoberta de novas partículas e à confirmação de importantes previsões teóricas.

Em dezembro de 2000, os choques entre elétrons e sua antipartícula iluminaram pela última vez o detector Delphi, localizado no acelerador LEP (sigla, em inglês, Grande Colisor de Elétrons e Pósitrons), um túnel de 27 km de comprimento, escavado a 100 metros de profundidade, abaixo de uma planície próxima ao lago Léman, na fronteira da Suíça e França, onde funciona o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (Cern).

Encerravam-se 11,5 anos de uma extensa coleção de dados sobre as partículas criadas nesses choques de matéria contra antimatéria. Em cada um dos quatro pontos onde foram coletados os dados, há um complexo conjunto de sensores que fotografam os resultados da colisão. São os detectores Aleph, Delphi, L3 e Opal, operados, cada um, por cerca de 400 físicos (ver também nesta edição 'Quatro andares de ciência e tecnologia'). Pesquisadores do CBPF e de outras instituições brasileiras participaram do experimento (ver 'Brasil participou da construção, coleta e pesquisa').

Nos primeiros anos dos experimentos, a energia do LEP foi suficiente para produzir o parente pesado do fóton, a partícula Z zero, indicada comumente pela sigla Z^0 . Essa partícula foi inventada ainda em 1957 pelo físico brasileiro José Leite Lopes, que foi movido essencialmente por considerações estéticas sobre a simetria da natureza.



A Z^0 , juntamente com mais duas partículas (W^+ e W^-), são responsáveis pela transmissão da chamada força fraca, que está relacionada com o chamado decaimento radioativo beta (emissão de elétrons pelo núcleo atômico) – sem entrar em detalhes, vale ressaltar que as outras três forças conhecidas são a gravitacional, a eletromagnética e a força forte.

FATORES EXÓTICOS. Por sete anos, o Delphi fotografou dezenas de milhões de Z^0 s, permitindo um estudo estatístico de todas as facetas dessa partícula, bem como um teste das previsões feitas com base no chamado Modelo Padrão, um pode- >>>

Figura 1. Delphi, um dos quatro detectores que funcionaram no acelerador LEP, do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (Cern).



CERN

roso ferramental teórico usado hoje pela física para estudar as partículas subatômicas.

O grau de sensibilidade atingido pela combinação dos quatro detectores do LEP foi tão grande que, na medida da massa do Z^0 , foi necessário levar em conta fatores exóticos do ponto de vista da física das partículas. As marés da Terra (e não do mar!) influenciam o comprimento do anel de colisão, que, por sua vez, deve ser levado em consideração na estimativa dessa massa. Essas marés são deformações na crosta terrestre causadas pela atração gravitacional da Lua.

Outros fatores, como a passagem de trens em uma linha férrea a um quilômetro do anel, provocam pequenas perturbações no campo dos ímãs do anel e também que ser levados em conta. E até mesmo o regime de chuvas em Genebra, onde está localizado o LEP, afeta essas medidas.

QUARK SUPERPESADO. Logo no início da operação do LEP, o Delphi e os outros detectores (ou experimentos, como prefe-

rem os físicos) confirmaram, com grande precisão, que devem ser três os tipos de neutrinos existentes na natureza, conforme indicava a previsão do Modelo Padrão – os três tipos de neutrinos (partículas sem carga) são o neutrino do elétron, o neutrino do múon e o neutrino do tau (figura 2).

Outro resultado espetacular dessa fase inicial do experimento foi a

medida da transformação (ou decaimento) do Z^0 em quarks pesados do tipo *bottom* ('parentes' mais pesados dos quarks *up* e *down*, sendo que estes dois últimos formam os prótons e nêutrons)

A precisão dessas medidas permitiu ainda extrair uma previsão para a massa de um presumido quark, o *top*. Esses cálculos foram confirmados pelos experimentos que levaram à descoberta dessa partícula superpesada realizados no acelerador Tevatron, do Fermilab, próximo a Chicago (Estados Unidos). O refinamento das medidas feitas a partir dos dados coletados pelo Delphi mostraram que a massa do *top* calculada teoricamente era praticamente a mesma da partícula real.

Na verdade, esse resultados refletem o poder de previsão dos cálculos teóricos feitos hoje na física, bem como o nível de consistência do próprio Modelo Padrão.

CAMADAS SE SOBREPÕEM COMO EM UMA BONECA RUSSA

O Delphi, na verdade, é formado por vários detectores com funções distintas, que se sobrepõem como as diversas cascas de uma boneca russa (figura 1). Na camada mais interior, há um detector baseado na tecnologia de microfita embebidas em um substrato de silício que são capazes de medir a posição de passagem de partículas carregadas com a precisão de alguns milésimos de milímetros (microns).

A função desse detector é identificar a existência de vértices secundários, fruto do decaimento de partículas de vida breve que percorrem alguns milímetros a partir do ponto de colisão, até se desfazerem em outras. Seguem-se duas camadas de detectores com a função de identificar e medir as trajetórias das partículas car-

regadas produzidas na colisão.

A próxima casca é um detector de radiação Cerenkov, emitida quando uma partícula viaja com velocidade superior à da luz naquele meio. Esse equipamento é útil na identificação da natureza das partículas, separando prótons de méson k (káons) e mésons π (píons) – as duas últimas partículas com massa intermediária entre os elétrons e os prótons.

Todos esses subdetectores internos procuram minimizar, em seu desenho e sua confecção, a quantidade de matéria, permitindo que a maioria das partículas os atravessem sem muitas perdas.

O próximo detector é desenhado para identificar e medir a presença de fótons (partículas de luz) e elétrons, destruindo-os nesse processo. Esse calorímetro eletromagnético é fabricado com grande quanti-

dade de chumbo, material que essas partículas não conseguem atravessar (diz-se que é um material opaco). O detector é envolto então por um cilindro que é um ímã supercondutor (um solenóide) que gera um campo magnético muito homogêneo em seu interior.

Dois componentes completam a estrutura de cascas. O primeiro, denominado calorímetro hadrônico, são na verdade placas de aço instrumentadas, mas com função primordial de criar um caminho de retorno para o campo magnético no interior do detector.

O outro são os detectores de mésons μ (ou múons), partículas capazes de sobreviver a todos esses percalços, sendo esta a razão pela qual esse conjunto de detectores compõe as camadas mais externas do Delphi.

BRASIL PARTICIPOU DA CONSTRUÇÃO, COLETA E PESQUISA

Desde 1988, o CBPF vem liderando um grupo formado por físicos também da PUC Rio de Janeiro e da Universidade Estadual do Rio de Janeiro na construção e operação do experimento Delphi.

Esse grupo participou tanto da busca por novas partículas (bósons de Higgs, por exemplo) quanto da investigação sobre as propriedades das já detectadas. Também participou extensivamente do programa técnico

do construção do detector, realizando tarefas como desenvolvimento e manutenção de programas de computadores para a análise de dados, bem como para a simulação e reconstrução das colisões.

Os integrantes do Grupo Delphi constam como co-autores de todos os cerca de 200 artigos publicados a partir dos dados coletados pelo Delphi. Essas publicações tiveram um alto índice de citações por trabalho. A colaboração em torno do

experimento Delphi envolve cerca de 50 instituições espalhadas pelo mundo inteiro, sendo resultado do trabalho de centenas de físicos, engenheiros e técnicos.

Mesmo com o encerramento das colisões do Delphi, os trabalhos de análise de dados coletados continuam e são uma excelente oportunidade para que estudantes façam suas teses, dada a profusão de dados para serem analisados.

220 PRÓTONS DE ENERGIA. O detector Delphi é um cilindro de 3,5 mil toneladas, com dez metros de diâmetro e com dimensão semelhante em sua extensão. Tem em seu centro o lócus, onde ocorrem as colisões de matéria e antimatéria, no interior do tubo que isola os feixes de partículas (ver 'Camadas se sobrepõem como em uma boneca russa').

A partir de 1996, o LEP passou por uma reforma – foram instalados equipamentos denominados cavidades de radiofrequência supercondutoras –

o que permitiu que sua energia fosse gradualmente aumentada, até atingir, três anos depois, a casa de 209 bilhões de elétrons-volt (ou 209 GeV), energia que corresponde à massa de cerca de 220 prótons!

Quando a energia das colisões é semelhante à energia representada pela massa do Z^0 , ocorre uma produção copiosa dessas partículas, devido a um fenômeno da física denominado ressonância. Fora da faixa de energia que leva à ressonância, o número de colisões por unidade de tempo cai substancialmente. No entanto, nesses patamares de energia é possível criar pares dos outros bósons vetoriais, os W^+ e W^- , e também pares de Z^0 , permitindo testes mais precisos das previsões do Modelo Padrão.

SENSO DE FRUSTRAÇÃO. Ao longo de sua história, um dos principais objetivos do experimento Delphi foi testar a existência de partículas como o bóson de Higgs e as partículas supersimétricas, mas, até o final da coleta de dados, não foram encontradas evidências da presença dessas partículas.

No último período de tomada de dados no Delphi, foram coletados dois exemplares de eventos que poderiam ser inter-

pretados como evidência para o bóson de Higgs, esta uma partícula que seria responsável por dar origem à massa de todas as outras partículas. No entanto, só dois eventos não são suficientes para estabelecer uma descoberta. Outros detectores encontraram também evidências de mesma natureza.

O encerramento das operações do LEP é motivado pela construção, dentro do mesmo túnel, de um novo acelerador de prótons, o LHC (sigla, em inglês, para Grande Colisor de Hádrons), que será capaz de atingir energias muito maiores. O LHC deverá entrar em operação ao final de 2005.

A possibilidade da descoberta do Higgs ao final do funcionamento do LEP deixou na comunidade de físicos ligados aos quatro detectores um certo senso de frustração. Só o tempo e as medidas que serão feitas no LHC permitirão verificar se os tênues sinais que surgiram nos últimos dias do LEP eram realmente registros dos bósons de Higgs ou eram apenas flutuações nos dados, como já ocorreu outras vezes.

O LEP e o Delphi deixam um belo legado de medidas que, com muita precisão, serviram para testar a validade do Modelo Padrão. Os dados produziram ainda cerca de mais de duas centenas de trabalhos publicados em revistas especializadas. ■

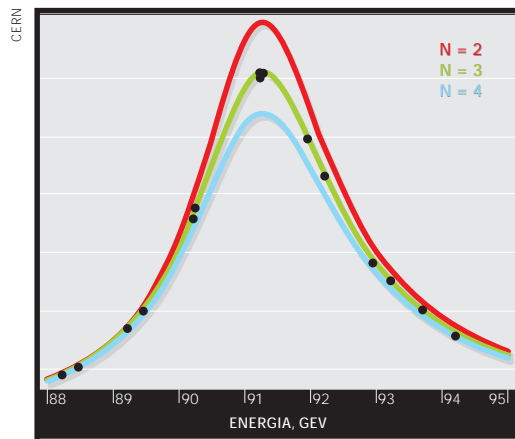


Figura 2. Com os dados coletados pelo Delphi foi possível confirmar, com grande precisão, que são três os tipos de neutrinos existentes na natureza, conforme previsão teórica do Modelo Padrão. Os dados experimentais (pontos pretos) coincidem com a reta relativa a $N=3$, onde N representa a quantidade de tipos de neutrinos. A unidade do eixo horizontal corresponde a bilhões de elétrons-volt (GeV).