



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



A Corrente Leptônica e a Descoberta dos Bósons Mediadores da Interação Fraca ($W^{+/-}$, Z^0).

Segundo vimos em verbete desta série, a **Teoria do Charme** foi desenvolvida, em 1970 (*Physical Review D* **2**, p.1285), por Sheldon Lee Glashow (n.1932; PNF, 1979), John Iliopoulos (n.1940) e Luciano Maiani (n.1941) para estudar as propriedades de simetria das **correntes leptônicas** (carregadas e neutras) – a chamada **Álgebra de Correntes** – nas interações fracas de neutrinos (ν) com a matéria hadrônica (nuclear: prótons e nêutrons), nas quais, segundo a **Teoria Eletrofraca de Salam-Weinberg** (TEFS-W), formulada no período 1967-1968 (vide verbete nesta série), estavam envolvidos os bósons mediadores da interação fraca ($W^{+/-}$ e Z^0). Como à época dessa Teoria, também conhecida como **Teoria GIM** (nome derivado das letras iniciais dos autores), não havia evidência experimental dessas previsões teóricas, ela não foi levada muito em consideração.

Contudo, essa descrença na GIM começou a perder força em conseqüência das experiências realizadas pelo físico francês Paul Musset (1933-1985), liderando uma equipe de pesquisadores da câmara de bolhas “Gargamelle”, no *Conseil Européen de Recherches Nucleaires* (CERN), na Suíça. Com efeito, em 1973 (*Physics Letters B* **46**, pgs. 121; 138), ele e mais F. J. Hasert, S. Kabe, W. Krenz, J. von Krogh, D. Lanske, J. Morfin, K. Schultze, H. Weerts, G. H. Bertrand-Coremans, J. Sacton, W. van Doninck, P. Vilain, Ugo Camerini (n.1925), D. C. Cundy, R. Baldi, I. Danilchenko, W. F. Fry, D. Haidt, S. Natali, B. Osculati, R. Palmer, J. B. M. Pattinson, Donald H. Perkins (n.1925), A. Pullia, A. Rousset, W. Venus, H. Wachsmuth, V. Brisson, B. Degrange, M. Haguenaer, L. Kluberg, U. Nguyen-Khac, P. Petiau, E. Belotti, S. Bonetti, D. Cavalli, C. Conta, E. Fiorini, M. Rollier, B. Aubert, D. Blum, L. M. Chounet, P. Heusse, A. Lagarrigue, A. M. Lutz, A. Orkin-Lecourtois, J. P. Vialle, F. W. Bullock, M. J. Esten, T. W. Jones, J. McKensie, A. G. Michette, G. Myatt e W. G. Scott anunciaram que haviam encontrado evidências de **correntes leptônicas neutras**, decorrentes de interações de neutrinos (ν) com prótons, em uma reação do tipo: $\nu + p \rightarrow n + \nu + \pi^+$ (envolvendo Z^0). Esse mesmo resultado foi confirmado, em 1974 (*Nuclear Physics B* **73**, p. 1), por esse mesmo grupo de pesquisadores liderado por Musset. Registre-se que uma experiência relacionada com **corrente leptônica carregada** é do tipo: $\nu + p \rightarrow p + \mu^- + \pi^+$, e que envolve a partícula W^+ .

Também em 1974, dois grupos de pesquisadores da câmara de bolhas do então *Fermi National Accelerator Laboratory* (hoje, FERMILAB), em Batavia, Illinois, nos Estados Unidos, confirmaram as observações do CERN. Esses dois grupos, são: A. Benvenuti, D. C. Cheng, D. Cline, W. T. Ford, R. Imlay, T. Y. Ling, A. K. Mann, F. Messing, R. L. Piccioni, J. Pilcher, D. D. Reeder, Carlo Rubbia (n.1934; PNF, 1984), R. J. Stefanski e L. Sulak [*Physical Review Letters* **32**, pgs. 800; 1454 (neste artigo, Cheng foi substituído por B. Aubert)]; e S. J. Barish, Y. C. M. Derrick, L. G. Hyman, J. Rest, P. Schreiner, R. Singer, R. P. Smith, H. Yuta, D. Koetke, V. E. Barnes, D. D. Carmony e A. F. Garfinkel (*Physical Review Letters* **33**, p. 448).

Mais tarde, em 1978, três grupos de físicos realizaram experiências, independentes, nas quais foram novamente observadas interações fracas com **corrente leptônica neutra**, com violação da paridade. O primeiro, formado por A. M. Cnops, P. L. Connolly, S. A. Kahn, H. G. Kirk, M. J. Murtagh, Robert B. Palmer, Nicholas P. Samios, M. Tanaka, Charles Baltay, D. Caroubalis, H. French, M. Hibbs, R. Hylton, M. Kalelkar e K. Shastri (*Physics Review Letters* **41**, p. 357), que estudaram o espalhamento elástico de neutrinos (ν) por elétrons (e^-) atômicos do deutério ($D = {}_1^2\text{H}$) da **câmara de bolhas** do *Brookhaven National Laboratory* (BNL), nos Estados Unidos; o segundo grupo constituído por C. Y. Prescott, W. B. Atwood, R. L. A. Cottrell, Holey DeStaebler, E. L. Garwin, A. Gonidec, R. H. Miller, L. S. Rochester, T. Sato, D. J. Sherden, C. K. Sinclair, S. Stein, Richard Edward Taylor (n.1929; PNF, 1990), J. E. Clendenin, Vernon Willard Hughes (1921-2003), N. Sasao, K. P. Schuler, M. G. Borghini, K. Lubelsmeyer e Willibald Jentschke (1911-2002) (*Physics Letters* **B77**, p. 347) analisaram o espalhamento inelástico profundo (“deep inelastic scattering”) de elétrons (e^-) polarizados obtidos por intermédio de uma fonte de elétrons (com energia entre 16-21 GeV) especialmente construída para essa experiência. O alvo do espalhamento eram os prótons (p) do hidrogênio pesado (deutério) da **câmara de bolhas** do *Stanford Laboratory Accelerator Center* (SLAC), da *Universidade de Standord*, também nos Estados Unidos; e por fim, a experiência realizada pelos físicos russos L. M. Barkov e M. S. Zolotorev (*Zhurnal Eksperimental'noi i Teoretiskoi Fiziki Pis'ma* **26**, 379).

As experiências referidas acima apresentavam, também, um outro resultado importante. Vejamos qual. Ao analisar a experiência que seu grupo realizou, Taylor observou que a violação da paridade decorria do fato de que os elétrons eram diferentemente espalhados pelo alvo, com os de spin girando para a esquerda, ligeiramente mais espalhados dos que os elétrons de spin girando para a direita, numa proporção de 2 para 10000 de cada espécie. Ora, observou Taylor, admitindo-se que houve uma interação eletromagnética $e^- - p$, o resultado indicava que houve uma violação da conservação da paridade por parte de uma interação eletromagnética, resultado esse que contrariava a Eletrodinâmica Quântica (QED) (vide verbete nesta série). Assim, concluiu Taylor, o mecanismo de interação da reação estudada é o da interação fraca com **corrente leptônica neutra**, uma vez que nenhuma carga elétrica era trocada entre o elétron e o próton. Portanto, tratava-se de uma interação eletrofraca segundo previa a TEFS-W. Tais experiências, portanto, confirmavam a existência das partículas $W^{+/-}$ e Z^0 . Mais detalhes sobre a descoberta das **correntes leptônicas neutras** nas interações fracas, ver: E. C. F. S. Fortes, M. C. Tijero e V. Pleitez, *Revista Brasileira de Ensino da Física* **29(3)**; **30(1)**, pgs. 415; 1901 (2007; 2008).

Na conclusão deste verbete, é interessante registrar que as partículas $W^{+/-}$ e Z^0 foram finalmente descobertas em 1983, em decorrência das experiências realizadas no *Super Proton Synchrotron* (SPS), do CERN, decorrentes da colisão próton-antipróton ($p - \bar{p}$), sob a liderança de Rubbia (*Colaboração Underground Area 1 - UA1*), a do físico francês Pierre Darriulat (n.1938) (*Colaboração UA2*), graças as técnicas de detecção inventadas pelo engenheiro holandês Simon van der Meer (n.1925; PNF, 1984), como o **resfriamento estocástico** (“stochastic cooling”) e os **acumuladores de antiprótons**, que ele desenvolveu entre 1972 e 1976. Assim, chefiando uma grande equipe de cientistas, com destaque para Guido Petrucci e Jacques Gareyte, van der Meer conseguiu obter feixes de prótons e de antiprótons com 270 GeV de energia para cada um deles. Paralelamente a isso, foi usado também o detector conhecido como **Câmara de Muitos Fios** (“Multiwire Proportional Chamber” – MWPC), inventado pelo físico franco polonês Georges Charpak (n.1924; PNF, 1992), em 1968 (*Nuclear Instruments and Methods* **62**; **65**, pgs. 262; 217), com a colaboração de R. Bouclier, T. Bressani, J. Favier e C. Zupancic.

O sistema acelerador-detector referido acima foi testado em maio de 1979 e o experimento para detectar as partículas $W^{+/-}$ e Z^0 foi iniciado em setembro de 1982 e concluído em dezembro desse mesmo ano. Desse modo, em 1983, essas partículas, com massas respectivas

de $\sim 80 m_p$ e $\sim 90 m_p$ (m_p = massa do próton), foram descobertas, independentemente, pelos dois grupos de pesquisa: UA1 e UA2. A descoberta da partícula $W^{+/-}$ foi anunciada na *Physics Letters* **B122**; **B129**, pgs. 103; 273, pelo grupo UA1, e na *Physics Letters* **B122**, p. 476, pelo grupo UA2. Por sua vez, a descoberta da partícula Z^0 foi anunciada na *Physics Letters* **B126**, p. 398, por UA1, e na *Physics Letters* **B129**, p. 130, por UA2.

Como esta série de verbetes trata de **Curiosidades da Física**, creio ser oportuno citar os físicos que fizeram parte das duas colaborações, para atender os leitores que têm a curiosidade de saber os nomes depois de *et al.* que acompanham os primeiros autores de uma dada citação. Assim, teremos:

Colaboração UA1 - G. Arnison, A. Astbury, B. Aubert, C. Bacci, G. Bauer, A. Bézaguet, R. K. Böck, T. J. V. Bowcock, M. Calvetti, T. Carroll, P. Catz, P. Cennini, S. Centro, F. Ceradini, S. Cittolin, D. Cline, C. Cochet, J. Colas, M. J. Corden, D. Dallman, D. Dau, M. DeBeer, M. Della Negra, M. Demoulin, D. Denegri, A. Di Ciaccio, D. DiBitonto, L. Dobrzynski, J. D. Dowell, M. Edwards, K. Eggert, E. Eisenhandler, N. Ellis, P. Erhard, H. Faissner, M. Fincke-Keeler, G. Fontaine, R. Frey, R. Frühwirth, J. Garvey, S. Geer, C. Ghesquière, P. Ghez, K. L. Giboni, W. R. Gibson, Y. Giraud-Héraud, A. Givernaud, A. Gonidec, G. Grayer, P. Gutierrez, H. Hansl-Kozanecka, W. J. Haynes, L. O. Hertzberger, C. Hodges, D. Hoffmann, H. Hoffmann, D. J. Holthuisen, R. J. Homer, A. Honma, W. Jank, G. Jorat, P. I. P. Kalmus, V. Karimäki, R. Keeler, I. Kenyon, A. Kernan, R. Kinnunen, H. Kowalski, W. Kozanecki, D. Kryn, F. Lacava, J. P. Laugier, J. P. Lees, H. Lehmann, R. Leuchs, A. Lévêque, D. Linglin, E. Locci, M. Loret, J. L. Malosse, T. Markiewicz, G. Maurin, T. McMahon, J. P. Mendiburu, M. N. Minard, M. Mohammadi, M. Morricca, K. Morgan, H. Muirhead, F. Muller, A. K. Nandi, L. Naumann, A. Norton, A. Orkin-Lecourtois, L. Paoluzzi, F. Paus, Guido Petrucci, G. Piano Mortari, E. Pietarinen, M. Pimiä, A. Placci, J. P. Porte, E. Radermacher, J. Ransdell, H. Reithler, J. P. Revol, J. Rich, M. Rijssenbeek, C. Roberts, J. Rohlf, P. Rossi, C. RUBBIA, S. Sadoulet, G. Sajot, G. Salvi, G. Salvini, J. Sass, J. Saudraix, A. Savoy-Navarro, D. Schinzel, W. Scott, T. P. Shah, D. Smith, M. Spiro, J. Strauss, J. Streets, K. Sumorok, F. Szoncsó, C. Tao, G. Thompson, J. Timmer, E. Tscheslog, T. Tuominiemi, S. VAN DER MEER, B. van Eijk, J. P. Vialle, J. Vrana, V. Vuillemin, H. D. Wahl, P. Watkins, J. Wilson, R. Wilson, C. E. Wulz, Y. G. Xie, M. Yvert e E. Zurfluh.

Colaboração UA2 - P. Bagnaia, M. Banner, R. Battiston, Ph. Bloch, F. Bonaudi, K. Borer, M. Borghini, J. C. Chollet, A. G. Clark, C. Conta, P. DARRIULAT, L. Di Lella, J. Dines-Hansen, P. A. Dorsaz, L. Fayard, M. Fraternali, D. Froidevaux, G. Fumagalli, J. M. Gaillard, O. Gildemeister, V. G. Goggi, H. Grote, B. Hahn, H. Hänni, J. R. Hansen, P. Hansen, T. Himel, V. Hungerbühler, P. Jenni, O. Kofoed-Hansen, E. Lançon, M. Livan, S. Loucatos, B. Madsen, P. Mani, B. Mansoulié, G. C. Mantovani, L. Mapelli, B. Merkel, M. Mermikides, R. Mollerud, B. Nilsson, C. Onions, G. Parrou, F. Pastore, H. Plochow-Besch, M. Polverel, J. P. Repellin, A. Rimoldi, A. Rothenberg, A. Roussarie, G. Sauvage, J. Shacher, J. L. Siegrist, G. Stimpfl, F. Stocker, J. Teiger, V. Vercesi, A. R. Weidberg, H. Zacccone, J. A. Zakrzewski e W. Zeller.



ANTERIOR

SEGUINTE