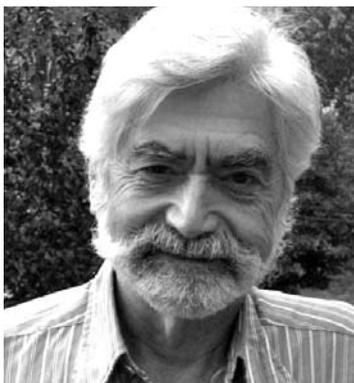


ASES INDOMÁVEIS

50 anos da proposição dos constituintes dos prótons e nêutrons

Em 14 de dezembro de 1900, o físico alemão Max Planck (1858-1947) propôs que, na natureza, a energia era gerada e absorvida na forma de minúsculos pacotes (hoje, chamados *quanta*). Foi um “ato de desespero” (palavras dele) para resolver um problema em aberto à época: como os corpos aquecidos emitem luz e calor. Para ele, no entanto, os *quanta* eram só um artifício matemático, sem realidade física. Cinco anos depois, Albert Einstein (1879-1955), então técnico do Escritório de Patentes da Suíça, aceitaria a realidade física dos *quanta* e, com base neles, proporia sua ideia



George Zweig

Crédito: cortesia George Zweig /
arquivo pessoal

mais revolucionária: a luz é composta de partículas (hoje, denominadas fótons). Há exatos 50 anos, embate semelhante (real *versus* irreal) marcaria a história de um pesquisador estabelecido e a de um jovem físico. As ideias de ambos permitiram entender do que prótons e nêutrons são feitos.

Em abril de 1963, aos 27 anos de idade, o doutorando George Zweig passou os olhos em um dos muitos artigos sobre física de partículas publicados à época. Entre o emaranhado de números, símbolos e gráficos, algo laçou sua atenção: a ausência do modo como certa partícula se transformava (ou decaía, no jargão científico) em duas outras. Razão da estranheza: a teoria previa que tal transformação deveria ser a dominante na transformação daquela partícula.

Nem mesmo os autores do experimento (P. L. Connolly e colegas) deram muita atenção ao fato. Alegaram que tal ausência se devia aos erros costumeiros de um experimento daquele tipo, envolvendo aceleradores de partículas e eletrônica sofisticada, típica da chamada física de altas energias. Zweig, porém, cravou aquela anomalia na memória.

Por que um jovem teórico conseguiu enxergar o que outros mais experientes não viram? Parte da resposta: sua primeira tentativa de doutorado – com a qual se frustrou – havia sido em física experimental. Mas explicação mais palatável talvez seja o fato de que, desde o final da década de 1940, já se especulava que partículas consideradas elementares (indivisíveis) poderiam ser compostas por entidades menores. Esse era o caso, por exemplo, do méson pi, cuja descoberta, em 1947 e no ano seguinte, contou com papel essencial do físico brasileiro César Lattes (1924-2005). O físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) e o chinês Chen-Ning Yang levantaram essa hipótese no periódico *Physical Review* (v. 76, p. 1739, 1949).

Além dessa possível divisibilidade, o início da década de 1960 foi marcado por uma enxurrada de novas partículas. E isso trouxe confusão ao mundo dos físicos. Anos antes, o físico norte-americano Willis Lamb (1913-2008) já demonstrava preocupação com esse excesso de constituintes. Em seu discurso de Nobel (1955), pronun-

ciou uma das passagens mais saborosas da história da premiação. “O descobridor de uma nova partícula elementar costumava ser recompensado com um prêmio Nobel, mas tal descoberta hoje deveria ser punida com uma multa de 10 mil dólares”.

As palavras de Lamb têm razão de ser: até o final da Segunda Guerra, havia grande resistência por parte dos físicos em aceitar novos itens ao cardápio subatômico. Havia, então, o elétron (descoberto em 1897), fóton (1905), próton (1919), nêutron (1932), além de dois componentes bizarros: o pósitron (1932), antimatéria do elétron, e o ainda hoje estranhíssimo múon (1937), primo pesado do elétron.

Com novas partículas pululando às dezenas dos aceleradores, surgiu, naquele início da década de 1960, quase uma obrigação em tentar enxergar alguma ordem naquele zoo de fragmentos, na esperança de encontrar similaridades entre seus novos e velhos membros. E, com base nessas semelhanças, classificá-los em grupos.

Buda *versus* David

A mais famosa classificação à época foi o chamado *Eightfold Way*, tipo de tabela periódica cujo nome vem das oito práticas (compreensão, pensamento, fala etc.) pregadas pelo budismo.

O *Eightfold Way* pôs ordem na casa e, como sua similar do século 19, pôde fazer previsões. A mais famosa delas foi a ômega menos. Descoberta em 1964, essa partícula deu impulso às ideias ali propostas, de forma independente, pelos dois idealizadores dessa classificação, o físico norte-americano Murray Gell-Mann (Nobel 1969) e o físico israelense Yuval Ne’eman (1925-2006), ex-combatente na guerra de independência de Israel (1948).

A referência ao número oito vem do fato de as partículas formarem – por um motivo então desconhecido – grupos de oito, segundo certas propriedades. O físico John Gribbin, em *Q is for quantum* (Q é para quantum; Weidenfeld & Nicolson, 1998), conta que Ne’eman, com base em ideias ainda prematuras, alimentou a esperança de ver aquelas partículas reunidas em grupos de seis, para que pudessem ser representadas pictoricamente pela estrela de David.

Gell-Mann havia sido a primeira opção de Zweig como orientador de sua segunda tentativa de doutorado – agora, em física teórica. Gell-Mann, porém, passaria uns tempos fora do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), mas havia deixado boas recomendações de Zweig para Richard Feynman (1918-1988) – pouco depois, Nobel de Física (1965). “Se Murray diz que você é ok, então você deve ser ok”, foi como Feynman disse ‘sim’.

Foi nesse momento que a atenção de Zweig foi capturada pela tal anomalia. Tentou discutir com seu novo orientador as implicações dela, mas Feynman não deu muita atenção – alegou que experimentos podiam estar errados –, despejando no aluno certa arrogância, pela qual, anos depois, se desculparia.

Anomalia na cabeça

Em 1963, recém-doutor, Zweig embarcou para um período de um ano de pesquisa no Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN), na fronteira entre a França e a Suíça, casa do acelerador mais potente do planeta, o LHC.

Lá, na tranquilidade de um chalé, rodeado de um pasto verde com vacas, ideias sobre a tal anomalia, bem como sobre similaridades entre partículas, começaram a se avolumar. Mas o *insight* veio de um artigo de 1957 escrito pelo japonês Soichi Sakata (1911-1970). Nele, esse físico teórico – conhecido por ser adepto do materialismo dialético – propunha que boa parte das partículas então conhecidas era constituída por três ‘tijolos’ básicos: próton, nêutron e a então recém-descoberta partícula lambda.

Sakata estava equivocado, e havia pontos obscuros em seu modelo. Porém, para Zweig, estava ali a semente para responder à pergunta basal: por que certas partículas podiam ser reunidas em grupos? Mais importante: por que ocorria a tal anomalia?

Zweig havia agora proposto uma resposta: prótons e nêutrons, bem como tantas outras partículas, seriam formados por ‘blocos’ ainda menores, que ele denominou *aces* (como ases, do baralho).

No modelo de Zweig, prótons e nêutrons, por exemplo, são formados por três *aces*. Outras partículas, como o méson pi

(ou pión), teriam dois *aces*. Aquelas com três *aces* são chamadas bárions; com dois *aces*, mésons. Em tempo: Zweig ousou criar um quarto ace, para o qual não deu nome. Hoje, ele é denominado *charm*. Portanto, quatro *aces*, como os quatro ases do baralho.

“Como uma criança, eu estava brincando novamente, mas agora com ideias e não blocos. Como na minha infância, foi uma época maravilhosa”, disse Zweig em entrevista à *Folha*. E qual a influência do *Eightfold Way* para a construção do modelo de *aces*? “Foi incidental. Fui realmente influenciado pelo modelo de Sakata”, respondeu.

O modelo de *aces* vinha com um bônus: explicava a anomalia que havia chamado a atenção de Zweig. A tal partícula (ϕ) não se transformava em duas outras (π e ρ), porque os *aces* que a formavam eram diferentes daqueles presentes em seu subproduto. Portanto, a reação ($\phi \rightarrow \pi + \rho$) era proibida.

Tudo se encaixava com elegância – critério importante para um modelo. Mas Zweig conta que, dada a crueza do modelo, “era um milagre” que os *aces* explicassem tão bem a classificação e as propriedades dos bárions e mésons.

A principal peculiaridade dos *aces* era o fato de eles terem carga elétrica fracionária (mais $2/3$ e menos $1/3$) quando comparada à do elétron. Para muitos, uma esquisitice e tanto. Para outros, heresia – afinal, havia 50 anos que se acreditava que a carga elétrica era indivisível.

Puro lixo”

Para apresentar o modelo de *aces*, Zweig preparou dezenas de páginas, com cálculos e muitos desenhos feitos à mão, na esperança de tornar aquelas novidades mais palatáveis a seus colegas.

Mas, como conta Zweig em artigos recentes, o aspecto social da ciência começou a mostrar seus caninos: i) o chefe da divisão de física teórica do CERN, o belga Leon Van Hove (1924-1990), o proibiu de enviar o calhamaço para um periódico científico norte-americano; ii) instruiu a secretária a não datilografar nada que fosse dele – e Zweig não sabia datilografar; iii) cancelou um seminário em que Zweig explicaria o modelo de *aces*.

O físico britânico Frank Close, em seu livro *Infinity Puzzle* (Quebra-cabeças infinito; Basic Books, 2013), escreve (p. 226) que Van Hove considerava a ideia dos *aces* “puro lixo”.

Mesmo assim, dois *reports* acabaram sendo publicados pelo CERN – hoje, são históricos. Num deles, Zweig esboça o modelo de *aces*; no outro, discute suas implicações. “Quando Van Hove publicou um livro reproduzindo artigos sobre [o tema], não incluiu nenhum de meus dois *reports* [...] Van Hove deliberada e sistematicamente tentou manter meu trabalho alheio à opinião pública”, disse Zweig em entrevista recente ao CERN.

Outra lição dos meandros sociológicos da ciência: tão importante quanto ter uma boa ideia é saber propagandear-a adequadamente. Na chance em que teve de apresentar seu modelo de *aces*, em Erice, na Sicília (Itália), perante a nata da física da época, Zweig não se saiu bem, como relata, em entrevista de 2002 para o arquivo de história oral do Caltech, o físico húngaro Valentine Telegdi (1922-2006), que estava na plateia, “Ele não vendeu muito bem suas ideias”, diz o renomado experimental.

Real versus irreal

Do outro lado do Atlântico, de forma independente, Gell-Mann chegava a conclusões muito semelhantes sobre a constituição de bárions e mésons. No caso, os constituintes básicos ganhariam o nome *quarks* – palavra extraída do romance *Finnegans wake*, do escritor irlandês James Joyce (1882-1941).

A essência dos dois modelos era basicamente a mesma: bárions e mésons são formados por constituintes menores. Mas havia, pelo menos, uma diferença crucial: Zweig sempre acreditou na realidade de seus *aces*. “Sempre tratei os *aces* como partículas reais. Eles tinham dinâmica”, explica o físico nascido na Rússia em 1937, de pais que haviam ido da Alemanha para lá cinco anos antes, fugindo do nazismo, e com avós que morreram em um campo de concentração na Letônia.

Dinâmica, no caso, significa que os *aces* saltavam de uma partícula para outra; giravam e rodavam um em torno do outro etc.

“Qual seria o significado de tudo isso caso os *aces* não fossem reais?”, relembra Zweig.

Em 1967, começariam a brotar os primeiros resultados de um experimento que se estenderia pelos próximos cinco anos. Feitos no SLAC, acelerador linear da Universidade de Stanford, na Califórnia (EUA), eles chocavam elétrons ultraenergéticos contra prótons. E a conclusão parecia ser clara desde o início: prótons são formados por estruturas menores.

Segundo Zweig, mesmo depois de cinco anos de resultados do SLAC, Gell-Mann ainda não aceitava a realidade dos *quarks*. Em palestra de 1972, Gell-Mann parece realmente não crer na realidade desses constituintes. Ele diz, por exemplo, que “os hádrons [grupo que reúne bárions e mésons] comportam-se como se fossem feitos de *quarks*, mas *quarks* não precisam ser reais.” E mais adiante: “hádrons agem como se eles fossem feitos de *quarks*, mas *quarks* não existem”.

Zweig conta que, ainda no fim de 1964, recém-chegado do CERN, tentou explicar o modelo de *aces* para Gell-Mann, mas a reação deste foi: “Oh, *quarks* concretos [reais]. Isso é para estúpidos”.

A *Folha* contactou Gell-Mann para que ele desse sua versão da história. No entanto, a assessoria de imprensa do Instituto Santa Fé, no Novo México (EUA), instituição à qual ele está vinculado, alegou que Gell-Mann não poderia responder às perguntas, por estar com a saúde fragilizada – ele está com 84 anos. Mas acrescentou que as respostas poderiam ser achadas em seu livro *O quark e o jaguar* (Rocco, 1996).

No livro, lê-se a seguinte passagem (p. 182, edição norte-americana): “Numerosos autores, ignorando minhas explicações dos termos “matemático” e “real” [...], têm alegado que eu realmente não acreditava que os *quarks* estavam lá! Uma vez que tal mal-entendido se torna estabelecido na literatura popular, ele tende a se perpetuar, porque vários autores frequentemente copiam uns aos outros”.

Telegdi, no entanto, na mesma entrevista ao arquivo de história oral, é peremptório: “Pessoalmente, acho que é preciso ser muito cauteloso, porque Murray [Gell-Mann] tem certa tendência a

reescrever a história. Ele, claro, agora, diz que considerava os *quarks* como objetos físicos, e eu não acho que isso seja inteiramente verdade. Acho que ele os considerava como objetos matemáticos.”

“Que ele [Einstein], às vezes, tenha errado o alvo em suas especulações, como, por exemplo, em sua hipótese dos ‘*quanta de luz*’, não pode ser levado muito a sério, pois não é possível introduzir ideias verdadeiramente novas, mesmo nas ciências exatas, sem correr alguns riscos de vez em quando”. Essas são palavras da carta escrita por Planck em 1913, para recomendar Einstein para a prestigiosa Academia Prussiana de Ciências. Planck ainda acreditava que seu *quantum* era um mero artifício matemático. E Einstein, talvez, tenha sido o único físico a acreditar na realidade dos fótons entre 1905, quando os propôs, até 1925, quando eles passaram a ser aceitos como reais.

Reação não benigna

Zweig conta que, por vezes, a reação ao modelo de *aces* “não foi benigna”. Ao tentar uma posição na Universidade da Califórnia, em Berkeley, sua candidatura foi barrada por um físico teórico sênior da instituição, Geoffrey Chew. Alegação: o modelo de *aces* era obra de um “charlatão”.

Hoje, passados exatos 40 anos da chamada ‘Revolução de Novembro’, ninguém mais duvida da existência dos *quarks* (ou *aces*). Em 1974, foi descoberta a partícula J/ψ (jota/psi) que fincou na mente dos físicos a realidade desses constituintes da matéria.

Hoje, “*quarks* são *aces* disfarçados”, nas palavras de Zweig. Há seis deles: *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* e *bottom*. E suas cargas são fracionárias: mais $2/3$ (*up*, *charm* e *top*) e menos $1/3$ (*down*, *strange* e *bottom*) – o *top*, o último a ser descoberto, em meados da década de 1990, contou com a participação de físicos brasileiros.

Os dois mais famosos bárions ficam assim: o próton é formado por dois *up* e um *down* (carga elétrica positiva), e o nêutron por dois *down* e um *up* (sem carga). Mésons são formados por um *quark* e um *antiquark*. Sabe-se hoje que *quarks* nunca são vistos livres – as forças que os mantêm unidos é tão forte que eles não podem ser separados.

Atualmente, há linhas de pesquisa que tentam saber se os *quarks* são ou não divisíveis, tentando responder ao que talvez seja a mais fascinante pergunta do intelecto humano: do que são feitas as coisas?

E a esta altura vale ressaltar que o físico britânico Donald Perkins, em artigo recente, conta como, por “falta de imaginação e de confiança” dos físicos, os *quarks* (ou *aces*) não foram descobertos no CERN em... 1963!

Ainda é cedo

Em maio de 1968, Zweig encontrou Feynman na *The Greasy* (‘Sujinho’, na tradução mais tentadora), histórica lanchonete do Caltech. Perguntou a Zweig sobre novidades. E este, paciente, repetiu a ladainha de anos: *aces*. Para a surpresa de Zweig, Feynman diz: “Certo, vou dar uma olhada nisso”. Cerca de três anos depois, em outro encontro, Feynman dispara para Zweig: “Parabéns, você estava certo”. O físico norte-americano – que trabalhou no Brasil e visitou o país várias vezes – agora acreditava que bárions e mésons tinham subestrutura, batizando esses constituintes *pártons*.

Em 1977, Feynman indicaria Zweig e – surpreendentemente, dado o notório choque de egos entre os dois – Gell-Mann para o Nobel. Não é pouca coisa, levando em conta que Feynman era conhecido por não indicar ninguém para prêmios.

Segundo Andrew Pickering, autor de *Constructing quarks – a sociological history of particle physics* (Construindo *quarks* – uma história sociológica da física de partículas; University of Chicago Press, 1999), *quarks* foram um elemento importante na transição entre a ‘velha’ e a ‘nova’ física de altas energias. A primeira buscava fenômenos corriqueiros, e os resultados experimentais costumavam guiar a teoria. A outra era orientada por esta e focada em fenômenos raros (entre eles, *quarks*).

Em 1972, Zweig alterou radicalmente sua carreira: neurobiologia. E passou a se dedicar a entender como o som é representado no cérebro. Ganhou destaque internacional nesse campo.

Diz-se que o diplomata norte-americano Henry Kissinger perguntou ao líder do Partido Comunista chinês Xu Enlai (1898-1976) o que este achava da Revolução Francesa. A resposta teria sido: é muito cedo para dizer. Talvez, meio século depois da proposição das ideias que mostraram que os prótons e nêutrons são divisíveis, resposta semelhante seja prudente – afinal, os dois principais protagonistas estão vivos, e suas histórias têm divergências importantes.

Mas o fato de comemarmos o 50º aniversário de entidades que ficaram conhecidas como *quarks* – e não *aces* – é emblemático de como a história se constrói como um jogo de influência, poder, hierarquia, prestígio e preconceito contra novas ideias. E de esquecimento.

E a física, claro, está cheia de casos assim.