

O Último Trabalho de Mário Schenberg*

Mário Schenberg's last work

Henrique Fleming

*Instituto de Física da Universidade de São Paulo,
Caixa Postal 66318, 05315-970, São Paulo, SP*

Recebido em 21 de dezembro de 2001. Aceito em 27 de dezembro de 2001.

A idéia de que as estruturas matemáticas, como identificadas pela escola Bourbaki, transcendem a matemática e estabelecem uma hierarquia entre as teorias da física, era cara ao grande físico brasileiro Mário Schenberg. Um episódio de sua carreira que ilustra este fato é descrito neste trabalho.

The idea that the mathematical structures, as identified by the Bourbaki school, go beyond mathematics and establish a hierarchy among the physical theories, was cherished by the great Brazilian physicist Mario Schenberg. This is illustrated by an episode in his career.

Salão nobre da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Maria Antonia, final dos anos 50. Um professor do Departamento de Física, recém tornado dos Estados Unidos, onde realizara seu trabalho de tese, defendia-a diante da banca. A um certo ponto, uma discussão surge e logo se acalora, envolvendo vários membros da comissão examinadora, menos um, Mário Schenberg, que parece dormir profundamente, a longa cinza de seu charuto desafiando a gravidade. Acorda, abre um olho, um só, e explica claramente o problema (e a solução) a todos. E acrescenta: "Isto está no trabalho de Bethe e Heitler". Comenta o candidato: "Engraçado, consultei o próprio Bethe sobre isso, e ele não soube me explicar..." Responde Schenberg: "Com certeza ele esqueceu, né?"

Esta curta anedota serve para mostrar um aspecto do físico Mário Schenberg que se costuma ignorar, ou negar: seu completo domínio da técnica, na física teórica. O trabalho a que se refere, de Bethe e Heitler, não tem muito de filosófico. Trata de um importante cálculo, difícilíssimo cálculo, da radiação emitida por uma partícula carregada ao ser desacelerada, a "radiação de freiamento". Schenberg havia estudado atentamente esse trabalho, e, à distância de muitos anos, conhecia-o ainda em seus detalhes. Sabia, o mestre, que é preciso na física, como, por exemplo, na música, estudar regular e diligentemente os instrumentos; sabia que a física

*Não se aprende, Senhor, na fantasia,
Sonhando, imaginando ou estudando,
Senão vendo, tratando e pelejando.*

Neste artigo vou tratar de outros predicados de Schenberg. Vamos vê-lo construindo estruturas teóricas muito abstratas, cozendo idéias umas às outras, "cavalgando nas nuvens", na bela expressão de Newton da Costa. Mas não queria deixar de mencionar o outro lado, o técnico, indispensável para essas cavalgadas.

Raramente os físicos revelam aos seus leitores o caminho que os levou a uma descoberta. É pena, porque em alguns casos a motivação tem a mesma força da descoberta, uma força persuasiva que dificilmente é atingida por uma demonstração formal. O que levou Pascal a estudar a pressão atmosférica, e a realizar experiências minuciosas com tubos de mercúrio, quando sua cabeça gostava de tratar de assuntos muito mais abstratos? É que via na experiência de Torricelli¹ uma possível demonstração da existência do vácuo, contrariando uma das pedras angulares de Aristóteles. Em seu texto isto está claro. É omitido em todos os livros. No entanto, saber que Pascal estava se medindo com o Filósofo, dá outra dimensão àqueles trabalhos. Outro caso famoso é o de Einstein. Imaginou-se viajando à velocidade da luz, e acompanhando uma onda luminosa. O que "via": campos elétricos e magnéticos no vácuo, que variavam de um ponto a outro, mas que não dependiam do tempo, pois a onda estava parada em relação a

*Publicado originalmente na Revista da USP **50**, pp. 34-38, julho (2001).

¹Na qual um tubo de vidro fechado em uma das extremidades é emborcado em um tanque também cheio de mercúrio. Observa-se que o metal desce um pouco e, junto à sua extremidade superior, fechada, cria-se um vácuo.

ele. Ora, a teoria de Maxwell não permite a existência desses campos. Logo, há algum problema em se viajar à velocidade da luz. A teoria da relatividade viria organizar essas idéias e mudar todo o pensamento sobre a natureza. Mas a simples “experiência ideal” (*gedanken experiment*) tornou-se inevitável, como se fosse uma pré-demonstração.

Schenberg era desse tipo. Nunca, ou raramente, trabalhava a partir de estruturas esboçadas por outros. Suas pesquisas eram inevitáveis: nasciam de uma observação sagaz da natureza e, apenas tomavam forma definida, exigiam sua atenção, como uma terapia tornada indispensável.

O primeiro fascículo da Revista Brasileira de Física contém um artigo singular, de sua autoria. Denominado *Electromagnetism and Gravitation*², possui uma lista de referências exígua: um único título, o livro de Helgason “Differential Geometry and Symmetric Spaces”. Não é claro a que porção específica do livro ele se referia. Talvez quisesse indicar o nível de conhecimentos de geometria diferencial que estava supondo do leitor. É a este artigo que me refiro aqui, quando falo de seu “último trabalho”. Tive a fortuna de poder conversar com ele, até demoradamente, sobre esse trabalho e sua gênese. Passo a descrevê-la. É uma longa história, que não me esforçarei para tornar breve. Tudo começou com Einstein.

A descoberta mais impressionante de Einstein foi a sua teoria da gravitação, usualmente conhecida como Relatividade Geral. Apresenta uma teoria da gravitação que é também uma geometria do espaço-tempo, uma superfície quadri-dimensional que é a arena dos fenômenos. Um ponto dessa superfície é um *evento*, algo que acontece em um ponto do espaço, em um instante do tempo. A teoria é toda formulada em linguagem geométrica, mas trata-se de muito mais do que uma linguagem: os teoremas dessa geometria são leis da física; medidas físicas são operações geométricas. A idéia encantou o mundo. Sobretudo, encantou Einstein, que dedicou todo o resto de sua vida a tentar estender essa geometrização a outros fenômenos que não de caráter gravitacional. Ao eletromagnetismo, para ser mais preciso. Einstein propôs várias *Teorias de Campo Unificado*, como as chamava, em que uma parte da geometria descrevia a gravitação, outra o eletromagnetismo. Jamais obteve sucesso. O problema, reformulado para incluir a física quântica e outros tipos de forças descobertas desde então, é ainda um dos temas centrais da nossa física.

Schenberg enfrentou a questão inovando-a de maneira surpreendente. Semelhantemente ao que Marx

fez com a dialética Hegeliana, inverteu o problema: procurou uma unificação entre o eletromagnetismo e a gravitação, sim, mas com o eletromagnetismo como modelo, ou seja, a gravitação como subordinada a ele. Bem o oposto do que pretendia Einstein.

Os motivos para isso foram, principalmente, dois. O primeiro, uma observação do grande Paul Dirac de que toda medida é de natureza eletromagnética. Mais precisamente, dada a matéria, isto é, deixando-se de lado as várias forças responsáveis pelas propriedades microscópicas da matéria (uma das quais é o próprio eletromagnetismo), o processo de medir é inteiramente eletromagnético. Basta notar que o conceito *prático* de reta é eletromagnético. A melhor reta, a reta fiduciária, é o caminho da luz num meio homogêneo. Medidas de distâncias precisas são feitas com feixes de laser e interferômetros, e mesmo as medidas grosseiras são dessa natureza (feitas “a olho”, o termo popular acertando em cheio, neste caso). Schenberg infere daí que o eletromagnetismo, a teoria da luz, tem uma posição hierárquica privilegiada, na estrutura da ciência, como teoria das medidas.

O segundo motivo é mais complexo. A escola francesa de matemática denominada Bourbaki dedicou-se a re-escrever boa parte da matemática em um estilo novo, introduzido por muitos, mas que verdadeiramente eclodiu nas suas mãos. Um conceito matemático era por eles dissecado e analisado em suas *estruturas*. Exemplos dessas estruturas são a estrutura algébrica, a estrutura topológica (que introduz o conceito de continuidade), a estrutura diferencial (que introduz o conceito de derivada, ou aproximação linear), a estrutura métrica (que introduz o conceito de distância). Schenberg foi um passo além, e imaginou que as estruturas se transportassem também às aplicações da matemática, introduzindo ali uma hierarquia. Na física, por exemplo, as teorias mais fundamentais seriam aquelas que necessitassem de menos estruturas. Ora, o eletromagnetismo, em sua formulação matemática, é muito mais simples do que a gravitação, sob esse critério. De fato, para formular as equações de Maxwell do vácuo numa hipersuperfície qualquer, precisa-se apenas do conceito de derivada exterior, dispensando-se estruturas mais complicadas, como a de conexão e de métrica. Essas duas são necessárias, contudo, para formular a gravitação, pois a *curvatura* do espaço-tempo revela, mede, o campo gravitacional (para se falar de curvatura é necessário o conceito de conexão), e a métrica é necessária, por exemplo, para caracterizar aquelas curvas do espaço-tempo que podem ser trajetórias de corpos materiais. Assim, de novo achamos o eletromag-

²M. Schoenberg, Revista Brasileira de Física 1, 91 (1972).

netismo como a teoria mais fundamental.

Uma das diferenças fundamentais entre a gravitação de Newton e a de Einstein é que, nesta última, a luz sofre a atração gravitacional, como uma pedra qualquer. O fato experimental que levou a gravitação Einsteiniana aos jornais, e Einstein à fama, foi a observação, em Sobral, Ceará, e na Ilha do Príncipe, por ocasião de um eclipse solar em 1919, de uma estrela que estava atrás do Sol! A ação da gravidade, segundo Einstein, encurvaria o raio de luz emitido pela estrela, e que iria para longe de nós, após tangenciar o Sol, fazendo-o chegar aos nossos olhos. Na teoria unificada de Schenberg, fenômenos gravitacionais ganhariam uma interpretação eletromagnética. Ora, sabemos que um raio de luz se curva, distinguindo-se de uma reta, quando o meio em que se propaga é inhomogêneo. O que causa a curvatura é o índice de refração variável. Schenberg então pensou em interpretar o campo gravitacional eletromagneticamente, supondo que a gravidade não fosse outra coisa senão um índice de refração do vácuo. Seria variável quando o campo gravitacional o fosse, ou seja, quase sempre. A curvatura do raio de luz ganhava assim uma interpretação simples e intuitiva.

Há três testes clássicos da teoria de Einstein: a anomalia do periélio de Mercúrio, o desvio para o vermelho devido aos potenciais gravitacionais, e o desvio da luz nos eclipses. Uma nova possibilidade apareceu com a tecnologia do radar. Há anos que o movimento dos planetas solares é detalhadamente, minuciosamente acompanhado por antenas de radar, semelhantes às do trânsito. Enviam pulsos de ondas eletromagnéticas para os planetas. Esses pulsos batem lá e são refletidos de volta para as antenas. Um estudo do tempo que transcorre entre a saída e chegada, na antena, do pulso, fornece informações detalhadas sobre a posição e a velocidade dos planetas. Uma outra previsão da teoria de Einstein (o quarto teste, como é chamado) é que a gravitação causa uma mudança, um atraso, no tempo de viagem, ida e volta, do pulso eletromagnético do radar. A demonstração desse fato não é simples. Na teoria de Schenberg, é perfeitamente natural, uma vez que um índice de refração causa uma diminuição da velocidade da luz.

Não recomendamos a leitura do artigo de Schenberg para o leitor frágil (ocorre-me a expressão in-

glesa *faint-hearted*). É leitura para especialistas, e nem mesmo para todos. O mestre, quando se assinava “Schönberg”³, não costumava aliviar o trabalho dos leitores.

Há alguns anos, tive como estudante de mestrado João Francisco Justo Filho, que, além de estudante talentoso, era íntimo de Schenberg e de sua família. Ocorreu-me então a idéia de, com Justo, tentar entender melhor as idéias do mestre, usando-as como nosso tema de pesquisas. Infelizmente, este estava, já então, incapacitado para acompanhar nossos esforços e tropeços. Usando um método de Julian Schwinger, perguntamo-nos se os efeitos de polarização do vácuo, prevista pela eletrodinâmica quântica, seriam capazes de criar uma força, entre duas partículas neutras, que pudesse ser interpretada como a gravitação. Após um árduo mas muito estimulante trabalho, obtivemos, sim, uma força atrativa entre as partículas, e com a intensidade correta. A debilidade da atração gravitacional era consequência da presença, proposta por nós como hipótese, de partículas de massa extremamente grande, mas que poderiam existir apenas como estados de energia negativa, no *mar de Dirac*, podendo não ter sido, ou vir a ser, observadas. Schenberg seguramente teria imediatamente nos alertado de que o que estávamos obtendo era uma forma muito sofisticada de tratar as forças de Van der Waals, essas forças que grudam uma na outra as superfícies desses plásticos finos de embalagem usados nos supermercados. Na falta dele, levamos muito tempo para perceber, e só atinamos com o fato quando vimos que a dependência, da força obtida, com a distância, era aquela típica das forças de Van der Waals. Não importa, aprendemos muito, e, principalmente, pensamos muito sobre as idéias do nosso grande professor.

Recentemente o professor F. Hehl, da Universidade de Colônia, Alemanha, publicou um trabalho em que obtinha alguns resultados na linha de pensamento de Schenberg. Foi alertado pelo professor José Wadih Maluf, da Universidade de Brasília, de que tinha sido precedido nisso por várias décadas pelo grande físico brasileiro, e reconheceu, elegante e publicamente, este fato. Assim, embora nos faça imensa falta a estatura de Schenberg, suas idéias continuam conosco, vivas e inspiradoras.

³Era o seu *nom de plume*. Seu nome oficial era Schenberg, ou, Montebellus, se tivesse vivido há uns séculos. . .