
RESENHA O UNIVERSO DOS QUANTA (UMA BREVE HISTÓRIA DA FÍSICA MODERNA)

Olival Freire Júnior e Rodolfo Alves de Carvalho Neto - Editora FTD S.A., 1997, 95 páginas ; ISBN: 85- 332- 3545 - X

Quando a Professora Sônia Peduzzi, Editora do *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, me convidou para fazer uma resenha do livro dos Professores Olival e Rodolfo intitulado *O Universo dos Quanta*, fiquei muito satisfeito pois, de alguma maneira, havia acompanhado a gestação do livro; em algumas ocasiões, notadamente em encontros episódicos em congressos, estivemos, os autores e eu, discutindo alguns temas de física moderna.

Há três anos (final de outubro de 1995), estive presente à apresentação do trabalho de Olival e Rodolfo em Minneapolis, por ocasião do *Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference*. Achei a idéia de levar a física quântica ao 2º grau felicíssima, importantíssima e creio, que não exageraria se dissesse, mesmo, que se trata de uma necessidade premente. A razão precípua dessa necessidade é o fosso que existe entre o conteúdo que é ensinado no 2º grau, que às vezes não vai além da física de Galileu e Newton, e o mundo moderno de final do segundo milênio tão povoado de *quanta*.

É importante que se diga que a física de Galileu e Newton é fascinante, bem verdade, mas hoje, outubro de 1998, devemos revisitá-la com os olhos/mente cheios de *quanta* e também com os olhos/mente cheios da mecânica relacional de Assis^[1] que constitui uma proposta alternativa de fôlego, originalíssima, que implanta, num formalismo matemático consistente, as idéias seminais de Leibniz, Mach, Weber e outros.

A fim de ressaltar a importância desse livro de Olival e Rodolfo, farei brevemente alusão a três situações nas quais esse fosso foi apontado pela nossa comunidade acadêmica. Há necessidade urgente de superá-lo, ou pelo menos de diminuí-lo drasticamente.

A primeira delas se refere à ira santa do Professor Bassalo^[2], que com aquela emoção dos homens de bem, envida esforços hercúleos para que esse fosso perverso seja, o quanto antes, superado.

A segunda se refere ao GREF, projeto imbuído de uma adoção tal que considera que há coisas bem mais interessantes do que insistir em fazer com que adolescentes (irrequietos e turbulentos pela própria natureza) venham a sensibilizar seus corações e mentes com longas abordagens sobre cinemática. Tenho visto o Professor Luiz Carlos Menezes defender essa tese a qual também levanta controvérsias.

A terceira concerne a uma experiência pessoal. Tendo sido convidado pelo Professor Antonio José Ornellas Farias (meu colega de departamento e incansável batalhador em prol da melhoria do Ensino de Física em Alagoas) a proferir uma palestra, durante o *II Encontro de Professores de Física de Alagoas* (novembro de 1997), sobre a necessidade da introdução da física dos *quanta* no 2º grau, pude constatar, durante a minha fala, o quanto isso constitui tarefa urgente/urgentíssima. Tal era minha (nossa) indignação ao constatar, com dor no coração, que os Professores do Estado estavam com dificuldade de abordar, inclusive, a física de Galileu e Newton em um nível o qual poderíamos chamar de minimamente satisfatório. Quanto abandono por parte dos poderes públicos !!! Quanto desprezo pelo futuro do país!!! Quanto analfabetismo científico !!! E tudo isso fazia reforçar a tese: Física dos Quanta, já!! Não podemos perder mais tempo.

O livro de Olival e Rodolfo é um alento. Pessoas certas escrevem o livro certo num momento urgente e, portanto, absolutamente certo. Trata-se de um livro de aspecto bonito, tem uma bela capa e o miolo contém margens exibindo motivos discretos e de bom gosto. O texto é bem escrito e acessível à leitura por parte de um público abrangente, o que não significa que o que está escrito não suscite reflexão, polêmica e muita discussão. O encadeamento dos assuntos é coerente e o discurso é claro.

Uma palavra sobre a capa. Embora de notável apelo estético (o que é muito importante para um livro), o tema adotado é o da teoria do caos, que tem uma grande autonomia em relação à teoria quântica. Talvez fosse mais adequado uma capa que contivesse ilustrações como aquelas das páginas 32 ou 72. No entanto, reconheço, esse é um ponto menor pois o efeito estético produzido, tal como está exibido no livro, é muito bom.

Tudo muito bonito mas permitam-me uma pergunta:

-Por que não usaram de policromia na foto exibindo o extraordinário detalhe da *Academia de Atenas* de Rafael Sânzio no qual Platão carrega o *Timeo* e Aristóteles carrega o livro da *Ética* ?

Não esqueçamos que o *Timeo* constitui um tratado de Cosmologia enquanto o livro de Aristóteles, como o próprio nome diz, é um tratado de Ética. Os problemas cosmológicos e éticos são atinentes a qualquer ser humano e perpassam por qualquer atividade humana.

-E quando Kant, na parte final da *Crítica da Razão Prática*, nos fala sobre *Os céus estrelados sobre minha cabeça e a moral dentro de mim*, não são os problemas cosmológicos e éticos os motivos de sua reflexão?

Isso mostra que esses temas tem sido recursivamente e freqüentemente trazidos à baila. Parabenizo a Olival e a Rodolfo pela introdução dessa bela incitação temática.

Agora vejamos alguns comentários críticos sobre esse importante livro de Olival e Rodolfo.

[A] Embora os autores escrevam com uma boa dose de isenção e ressaltem, em várias instâncias, sobre o caráter polêmico e não consensual das interpretações da mecânica quântica, caráter esse aliado a um extraordinário consenso no que diz respeito ao uso do formalismo matemático (ver final da página 93), não deixam de revelar, claramente, uma preferência pela interpretação dominante. Interpretação dominante sim mas que conhece um seguro declínio. Embora seja um direito absolutamente legítimo dos autores, manifesto a opinião de que os estudantes do 2º grau deveriam ficar mais a vontade para, dentro das suas próprias limitações, pudessem refletir por conta própria. Acredito na eficácia da reflexão desde a mais tenra idade. As pessoas que assim procedem têm bastante tempo para *refletir sobre a reflexão de suas reflexões*, adotar posturas diversificadas, e, tenho certeza, que isso faz muitíssimo bem à causa da educação.

[B] Na página 86, há o seguinte texto sobre a polêmica Einstein versus Bohr:

“ Boa parte da polêmica foi dedicada à imaginação, por Einstein, de experimentos que poderiam evidenciar inconsistências na nova teoria e às respostas, por Bohr, que sempre encontravam falhas que invalidavam os argumentos einsteinianos”.

Olival e Rodolfo apresentam um quadro no qual Einstein é sempre um perdedor e Bohr é sempre um vencedor que “sempre invalidava os argumentos de Einstein”. Acho que um quadro assim não se aplica nem mesmo à luta de box.

Posso mostrar, com um exemplo histórico muitíssimo bem fundamentado e documentado, que a crítica de Einstein (tanto a de 1927 quanto a de 1935) sobre o caráter incompleto da mecânica quântica de 1927 não poderá jamais ser considerada como a de um perdedor.

Em um artigo^[3] de A.F.Siqueira, F.D. Nunes e de mim próprio, mostramos (o que vários autores já haviam mostrado antes de nós como Schrödinger, Garuccio, Selleri,...) que se admitirmos uma teoria da medida, tal como a concebida por Bohr em 1927, ou seja, aparato de medida clássico medindo alguma propriedade física do objeto quântico, então o aparecimento de uma ação instantânea à distância será inevitável.

Se, por exemplo, tomarmos um par singleto (α, β) , qualquer medida sobre a partícula α modificará, instantaneamente, a realidade física de todo o sistema (α, β) independentemente da distância entre α e β .

A objeção crítica de Einstein não era de caráter lógico nem de inconsistência lógico-formal pois o quadro fornecido pela teoria de Bohr era lógico e consistente. No entanto, tal quadro não era aceitável para Einstein pois isso violava a sua forte intuição espaço-temporal e causal.

O ponto interessante para se trazer à baila aqui é que, de alguma maneira, a dificuldade levantada por Einstein foi superada, pelo menos parcialmente, na década dos anos sessenta com a teoria das pequenas imperfeições da medida formulada por Wigner, Araki e Yanase. Essa teoria constitui uma tentativa razoavelmente bem sucedida de superação da incômoda ação instantânea à distância presente na teoria de Bohr de 1927.

Hoje todos dizem que a teoria da medida de Bohr já foi superada por outras teorias da medida mais elaboradas, se bem que não haja nenhuma delas isenta de problemas. Se isso é reconhecido, é necessário também reconhecer que a crítica de Einstein sobre o caráter incompleto do esquema conceitual de 1927 era (e é) absolutamente válida.

Claro está que isso ainda não resolve o problema da localidade, mas no que diz respeito à completeza, os teoremas de impossibilidade não estão mais na ordem do dia, fato que revela que a crítica de Einstein não era vã nem Einstein foi um perdedor. A sua crítica era, e ainda é, substancial.

[C] Sobre o problema do *determinismo*, devo dizer que se trata de uma questão complexa. Embora alguns modelos determinísticos possam reproduzir algumas partes importantes da teoria quântica, como a teoria quântica de spin $\frac{1}{2}$, sem dúvida, constitui um avanço se apostar numa abordagem *indeterminista*. Um mundo de propensões no qual as probabilidades reflitam tendências reais e não algo meramente na consciência de alguém. A questão da *causalidade*, que é uma categoria importantíssima, é ainda mais profunda e não pode ser reduzida à questão do *determinismo*. O espaço desta resenha não nos permite atacar tema tão complexo e creio que um livro do escopo do de Olival e Rodolfo não permite um tratamento adequado da questão.

[D] Sobre o experimento de Aspect, os autores escrevem na página 92, o seguinte:

“ Os experimentos levaram à conclusão inequívoca de que as previsões da Física Quântica estavam confirmadas, em detrimento de teorias alternativas locais. ”

Os experimentos de Orsay dos anos de 1981-1982 não são de maneira alguma conclusivos apesar da lavagem cerebral tão praticada. A “conclusão inequívoca” está muito longe de ser consensual. Há muita gente que não considera esse um “resultado inequívoco”. Deverei ser breve, porém não me furtarei de ressaltar uma dessas razões.

Há dois tipos de desigualdades de Bell: aquelas que são deduzidas apenas com os pressupostos do realismo local e essas são ditas desigualdades fracas e aquelas que são deduzidas, em adição, com o auxílio de certas hipóteses ad hoc e essas são ditas desigualdades fortes.

No caso do experimento de Orsay, uma dada quantidade adimensional G mensurável deve assumir^[4], no caso da desigualdade fraca algum valor no intervalo

$$- \quad 0,850 \leq G \leq 0,150$$

No caso da desigualdade forte se impõe valores tais que

$$0,000 \leq G \leq 0,014$$

Como é conveniente observar, o simples fato de se introduzir *hipóteses adicionais*, que são *ad hoc*, resulta numa drástica redução de intervalo. O resultado obtido foi $G=0,015$ que está bem dentro do critério de localidade advindo da desigualdade fraca (realismo local) mas viola um pouco a desigualdade forte que é conseguida com o auxílio, literalmente do braço, das hipóteses adicionais. Perguntar-se-ia portanto

-Por que as suspeitas não recaem sobre a validade das hipóteses adicionais e sim sobre algo muitíssimo mais basilar como é o caso a localidade ?

Citaria, dentre muitos outros, apenas três físicos que não se conformam com o atual estado de coisas e, deste modo, consideram essa situação altamente insatisfatória: Selleri^[4], Penrose^[5] e Caroline Thompson^[6]. São argumentos interessantíssimos mas por questão de espaço não poderei aqui tecer comentários, deixando contudo as referências para eventuais consultas e discussões.

As minhas palavras finais. Estou sinceramente me congratulando com colegas que realizaram um belo trabalho e deste modo oferecem ao público do 2º grau um material de qualidade e que também pode ser lido com proveito por vários outros grupos de pessoas.

Referências Bibliográficas

- [1] ASSIS, A.K.T., *Mecânica Relacional*, Coleção CLE (Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência), Unicamp, Vol n° 22, Campinas, SP, Brasil (1998)
- [2] BASSALO, J.M.F., *Porque somos uma Universidade do Quarto Mundo*, In: *Textos Políticos*, pp.21-24, Belém, Pará, Brasil (1992)
- [3] SIQUEIRA A.F. et. al., *Diagrama de Localidade para o Estado Singlete*, Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol 19 n°1, pp. 163-172 (1997), ou alternativamente, *Não Localidade(?), Ação a Distância(?): Um Estudo sobre o Estado Singlete*, In: *Reflexões sobre os Fundamentos da Física Moderna*, A.F.Siqueira e J.B.Bastos

Filho (Orgs.), EDUFAL (Editora da Universidade Federal de Alagoas), Maceió, Alagoas, Brasil pp. 71-89 (1997).

- [4] **SELLERI, F.**, Introdução do livro *Oltre i Paradossi della Fisica Moderna (Fisici Italiani per il rinnovamento di Teoria Quantistica e Relatività* , de Pompilio Nutricati, Edizioni Dedalo, Bari, Itália (1998)
- [5] **PENROSE, R.**, Prefácio (Foreword) aos livros de Erwin Schrödinger *Nature and the Greek*, e *Science and Humanism* , contidos no volume publicado pela “Canto Edition”, Cambridge University Press (1996)
- [6] **THOMPSON, Caroline H.**, *Behind The Scenes at the EPR Magic Show* , In: *Open Question in Relativistic Physics*, Ed. F. Selleri, Apeiron, Montreal, Canadá pp. 351-359 (1998)

Jenner Barretto Bastos Filho

Departamento de Física da UFAL