

A NÃO-LOCALIDADE QUÂNTICA E A ANTIGA COSMOLOGIA

por *Rodolfo Petrônio* – Instituto *Aquinate* e Unirio



Em 1927 quando os pesos pesados da física reuniram-se na V Conferência Solvay, em Bruxelas, para avaliar o que ainda restava da visão newtoniana, Niels Bohr, um dos pais fundadores da teoria quântica e Albert Einstein, o inventor da teoria da relatividade, tomaram caminhos diametralmente opostos sobre a questão da realidade quântica, polarizando os debates desde então.

O que Bohr dizia, na verdade, era que no que se referia aos fenômenos quânticos, devemos nos contentar com uma espécie de pragmatismo com respeito à informação que a teoria nos dá sobre os mesmos. É o máximo que se pode fazer, não porque a teoria fosse imperfeita ou incompleta (como a acusava Einstein), mas porque não existiria tal coisa que pleiteávamos, isto é, uma realidade quântica profunda, numenal, sustentando e explicando os fenômenos; ou como Paul Ehrenfest nos assegura haver Bohr se expressado certa vez: “Não existe um mundo quântico. Existe unicamente uma descrição quântica abstrata”²¹. Por outro lado, Einstein argumentava, com seu peso considerável como cientista, a favor de uma interpretação realista, afirmando que “existe um mundo quântico”. Referia-se a uma realidade profunda que subjaz aos fenômenos e que, em última análise, os explica. Era-lhe impensável uma “descrição quântica abstrata” que nos fornecesse previsões corretas como que por magia, sem estar suportada por algum tipo de realidade mais profunda. Ocorreu que, após a V Conferência Solvay, a maioria dos físicos alinharam-se com a posição de Bohr, que veio a ser chamada de interpretação de Copenhague (ou ortodoxa, ou usual) da teoria quântica. No entanto, em 1932, cinco anos após a conferência em Bruxelas, parecia que as afirmações da escola de Copenhague tinham se mostrado definitivamente corretas, graças ao trabalho do matemático húngaro John von Neumann. Em primeiro lugar, von Neumann pôs a nova teoria quântica sobre um sólido fundamento matemático; em segundo lugar, apresentou uma rigorosa demonstração de que era impossível a idéia de uma realidade quântica que consistisse de objetos ordinários, ainda que estes apresentassem parâmetros *ocultos* que permitissem que os definíssemos como definimos os objetos de nossa experiência cotidiana. A esta altura, parecia a todos, exceto para alguns empedernidos realistas – liderados pelo inquebrantável Albert Einstein – que o assunto estava doravante encerrado.

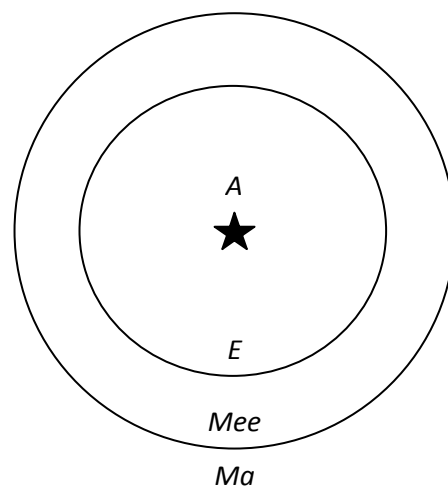
Porém, não estava. A posição realista, tal qual Fênix, renasceu em 1952 com o físico americano David Bohm, que, após um longo encontro com Einstein, conseguiu construir um modelo objetivo do elétron que se enquadrava exatamente com as demandas da interpretação convencional da teoria quântica. Na esteira da celebrada *prova de von Neumann*, Bohm tinha aparentemente conseguido o impossível. Parecia claro, portanto, haver uma falha no argumento de von Neumann; e ainda assim, o grande matemático tinha realizado tão bem seu trabalho, que se teve de esperar mais doze anos, até 1964, para que se pudesse encontrá-la pelas mãos de um físico irlandês desconhecido, chamado John Stuart

Bell. John Bell descobriu que von Neumann havia inconscientemente introduzido em seu famoso teorema uma premissa oculta não justificada sobre os tais objetos ordinários que supostamente a teoria quântica excluía. A premissa oculta de von Neumann – que até então foi aparentemente considerada como auto-evidente – era que os objetos em questão eram entidades *locais*. Basicamente, isto significava que esses objetos somente poderiam se comunicar uns com os outros através de interações físicas conhecidas, isto é, por meio de sinais que não se poderiam propagar mais rapidamente do que a luz. Parecia, além disso, que Bohm foi capaz de contornar o interdito de von Neumann precisamente porque seu modelo do elétron não obedecia de fato à condição de localidade implicitamente estipulada pelo teorema.

Porém este resultado, esta ruptura decisiva, seria apenas um início. Baseando-se nos princípios fundamentais da teoria quântica, Bell conseguiu provar que a realidade – seja ela ordinária ou contextual – de fato viola a condição de localidade imposta pelo teorema de von Neumann. O que Bell provou ao cabo é que a condição de localidade não é somente injustificável, mas de fato insustentável. Em suma: *a realidade é não-local*. Esta é a surpreendente descoberta que se tornou conhecida como o teorema de Bell, sob a forma de uma desigualdade que não está baseada na mecânica quântica, mas depende tão somente de geometria e de uma aritmética de contagem simples, cuja verificação experimental foi realizada por Alain Aspect e seu grupo, na França, em 1982. Este resultado aparece-nos firme como uma rocha, e embora aceito por uma grande parcela dos físicos, ainda permanecem uns poucos e recalcitrantes céticos que têm envidado esforços no sentido de desmontar o teorema de Bell (será que ele possuiria alguma premissa oculta tal qual o de von Neumann?, perguntam-se). Não obstante parecerem ser incômodos, estes esforços são plenamente justificáveis haja vista as graves implicações do teorema de Bell. Adequadamente compreendida, a afirmação da não-localidade causa uma revolução em nossa visão de mundo. Não é sem razão que um físico da Universidade da Califórnia em Berkeley, Henry Stapp, referia-se então ao teorema de Bell como sendo “a mais profunda descoberta da ciência”. O que o torna isso é o fato de se poder dele concluir algo que aponta para além do universo espaço-temporal, e, no entanto, a este domínio, o espaço-temporal, está confinada a física que conhecemos pela natureza mesma de seu *modus operandi*, o qual requer, em última instância, o uso de escalas e de cronômetros para retirar os resultados experimentais que a sustentam. O fato surpreendente é que a física moderna, na forma do teorema de Bell, declara seus próprios limites, sua incapacidade de tratar com estratos mais profundos da realidade cósmica. Ora, tendo por séculos reivindicado apresentar-nos o universo em sua totalidade, por conta mesmo de seu extraordinário desenvolvimento, é forçada a abrir mão dessa pretensão totalizante. Na verdade, desta pretensão já havia aberto mão a interpretação de Copenhague, do que podemos observar de sua retrospectiva, com a descoberta mesma da mecânica quântica. O que Bell fez foi simplesmente isolar e trazer à tona um aspecto fundamental da teoria quântica, a saber, que, desde o início, viram-se os físicos que investigavam os fenômenos quânticos envolvidos com o caráter de totalidade que os envolvia, que presentemente denominamos de conexões não-locais. Einstein já havia chamado a atenção para este ponto há mais

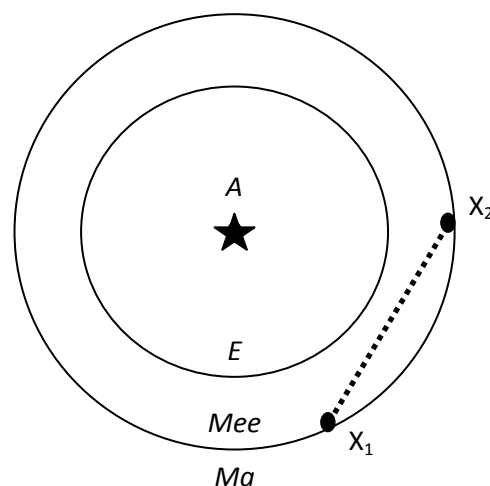
de setenta anos, e o considerava uma falha fatal da nova física. No entanto, esta aparente falha se nos aparecem hoje como um reconhecimento e uma verdade profunda inerente ao domínio quântico. Além disso, graças ao *insight* de Einstein, que podemos apreciar a implicação radical dessa descoberta, pois precisamente à luz da relatividade einsteniana que a natureza trans-espaço-temporal da não-localidade pôde ser discernida, uma vez que o mesmo Einstein entendia que a arena espaço-temporal seria o *locus* total da realidade do cosmos.

A não-localidade, portanto, consiste na observação de que partículas que interagem permanecem correlacionadas, “ligadas”, mesmo à distância, o que viola um dos postulados fundamentais da teoria da relatividade, pelo qual nenhuma informação pode se transportar a velocidades superiores à da luz. Visto a teoria da relatividade ter sido exaustivamente comprovada em laboratório (como a mecânica quântica) e ser um pilar fundamental da ciência contemporânea, resulta então que, para não haver inconsistência entre ambas as teorias (relatividade e quântica), a correlação poderia se estabelecer fora do espaço-tempo. Mas isso é formidável, pois, como já dissemos, pela primeira vez, após mais de três séculos e meio de ciência experimental, essa mesma ciência aponta-nos para processos que podem estar situados fora da arena espaço-temporal, que é a arena da existência puramente quantitativa. Aponta para uma região de *metáxis*, isto é, de intermediação, da realidade do cosmos como um todo. Com efeito, podemos propor um ícone, um símbolo, segundo o qual todos os grandes sistemas sapienciais da tradição humana descrevem o cosmos: um círculo em que, no centro, na camada mais alta, localiza-se o Eterno, o Absoluto; em torno do Eterno, o mundo espiritual ou céu; e, finalmente, na periferia, o mundo material ou terra, *No princípio Deus criou o céu a terra*ⁱⁱ.



No ícone acima, observamos que o centro (*A*), o Absoluto, encontra-se, hierarquicamente, “acima” das outras “esferas”, do céu (*E*) e da terra (*Ma*). Porém, entre a esfera puramente imaterial e a puramente corpórea, que é o indeterminado, há que referenciar a inteligibilidade do corpóreo, que é sua determinação (*Me*), ou metáxis. Ora, o domínio do espaço-tempo ou da quantidade é *Ma*. No entanto, é a composição de ato e potência, isto é, a composição *Me-Ma*,

que é propriamente corpórea. Portanto, a cosmologia antiga demanda que cada indivíduo corpóreo da realidade natural seja a composição de um princípio potencial indeterminado (ou matéria, *hylê*) com um princípio atual determinante (ou forma substancial, *morphê*)ⁱⁱⁱ. Visto ser *Ma* o domínio da matéria quantificada, é esta a esfera própria do empreendimento científico, é a ela que se dirige a análise empiriológica, para usarmos o léxico proposto por Maritain^{iv}; é ela que é básica, ou seja, é à esfera *Ma* que se refere o operador epistêmico *SX*. Como vimos, este domínio está em potência para o domínio corpóreo *Me-Ma*, esfera própria da inteligibilidade filosófica ou metafísica. Daí que a bifurcação galilaico-cartesiana, ao cingir a composição *Me-Ma*, relegando-a ao mundo das qualidades ocultas ou inexistentes, reduziu o cosmos à esfera inferior *Ma*. O que a mecânica quântica nos sugere, graças ao efeito da não-localidade, é justamente a presença não observável de uma conexão supra-espaço-temporal entre dois indivíduos corpóreos, pois a física apenas observa ou mede o que está localizado no espaço-tempo. A conexão não-local entre dois entes corpóreos quaisquer X_1 e X_2 pode ser visualizada abaixo, por meio da linha indicada na figura a seguir:



Em outras palavras, a não-localidade quântica aponta para a região de metáxis da realidade corpórea, Isto é, aponta para a composição de potência e ato, ou de matéria e forma. Na verdade, a necessidade de se obter uma perspectiva que ultrapassasse as restrições espaço-temporais, bem como a fragmentação da realidade que é levada a cabo pelo processo analítico da ciência moderna devido a Descartes e a Bacon, levou David Bohm^v a desafiar a perspectiva científica presente e a propor que a realidade física que presenciamos, a qual, segundo nossa proposta, está vinculada à esfera *Ma* ou domínio do operador *SX*, é o desdobramento de uma ordem implicada ou *holomovimento*, cuja característica básica é situar-se fora do espaço-tempo, perfazendo uma totalidade imensurável e indefinível. O que vimos expondo em várias oportunidades é que a proposta de Bohm corresponde com razoável aproximação à dinâmica presente na proposta ontológica de Tomás de Aquino, cujas linhas gerais vimos esboçando em outros textos da revista eletrônica Aquinate.

ⁱ BOHR *apud* RIGGS in P. *Quantum Causality: Conceptual Issues in the Causal Theory of Quantum Mechanics*, p.3.

ⁱⁱ *Gn* 1,1.

ⁱⁱⁱ ARISTÓTELES. *The Physics II c.2 194a 10-25*.

^{iv} *The Degrees of Knowledge*, Indiana, Notre Dame Press, 1995, p. 145-175.

^v *Wholeness and the Implicate Order*, New York, Routledge & Kegan, 1980.