



Recebido em: 26/01/2023

Revista Iniciação & Formação Docente

V. 10 n. 1 – 2023

ISSN: 2359-1064



Aprovado em : 15/03/2023
DOI: 10.18554/ifd.v10i1.6774

Publicado em : 30/05/2025

INTEGRANDO PESQUISA E ENSINO DE SOCIOLOGIA: UMA EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR COM A FÍSICA QUÂNTICA

INTEGRATING SOCIOLOGY RESEARCH AND TEACHING: AN INTERDISCIPLINARY EXPERIENCE WITH QUANTUM PHYSICS

Renan Dias Oliveira ¹

Resumo: Este texto tem o objetivo de apresentar uma experiência de ensino e pesquisa de Sociologia em relação com outras áreas, como Física e Filosofia. Entre os anos de 2020 e 2022 fui responsável em um projeto de extensão em cursinho popular no município de São Bernardo do Campo, por desenvolver como professor a disciplina “sociologia/filosofia” em uma perspectiva interdisciplinar. Um dos eixos da disciplina foi tratar do ensino de temas da física quântica, o que nos conectou com todas as outras disciplinas, com destaque para física, matemática e atualidades. Tais temas têm sido pesquisados por nosso grupo no âmbito da universidade, e encontram nesse projeto de extensão uma via de mão dupla entre pesquisa e ensino de sociologia. As controvérsias em torno dos fundamentos da física quântica permanecem mais vivas do que nunca. Hoje é possível se compreender melhor essa área da Física e suas reverberações em diversas disciplinas científicas justamente em decorrência dessas controvérsias, bem como das diversas pesquisas científicas que ela alimentou ao longo das últimas décadas. Este trabalho partiu da investigação, junto aos estudantes do cursinho, sobre a controvérsia científica em torno do “teorema de Bell”, em relação ao princípio de “não-localidade” e o relacionou a suas implicações junto às disciplinas citadas anteriormente. A reflexão a seguir é fruto da pesquisa e do ensino em sociologia/filosofia em uma perspectiva interdisciplinar.

Palavras-chave: Ensino; Pesquisa; Sociologia; Física; Teoria Quântica; Interdisciplinaridade.

Abstract: This text aims to present an experience of teaching and research in Sociology in relation to other areas, such as Physics and Philosophy. Between 2020 and 2022, I was responsible for an extension project in a popular course in the municipality of São Bernardo do Campo, for developing the discipline “sociology/philosophy” from an interdisciplinary perspective as a teacher. One of the axes of the discipline was to deal with the teaching of quantum physics, which connected us with all other disciplines, with emphasis on physics, mathematics and current affairs. Such topics have been researched by our group within the university, and this extension project is a two-way street between research and teaching of sociology. Controversies surrounding the foundations of quantum physics remain as alive as ever. Today it is possible to better understand this area of Physics and its reverberations in various scientific disciplines precisely as a result of these controversies, as well as the various scientific researches that it has fueled over the last few decades. This work started from the investigation, together with the students of the preparatory course, about the scientific controversy around the “Bell’s theorem”, in relation to the principle of “non-locality” and related it to its instructions in the disciplines mentioned above. The following reflection is the result of research and teaching in sociology/philosophy from an interdisciplinary perspective.

Keywords: Teaching; Research; Sociology; Physical; Quantum Theory; Interdisciplinarity.

¹ Doutorando em Sociologie pela École des Hautes Etudes en Sciences Sociales - França (EHESS) e em Ciências Sociais pelo Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas (IFCH-UNICAMP). Mestre em Política Científica e Tecnológica pelo Instituto de Geociências da mesma universidade (IG-UNICAMP), com período sanduíche pela Facultad de Ciencias Económicas da Universidad de Buenos Aires - Argentina (UBA). Pós-graduado em Direito Penal pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL). Bacharel em Ciências Sociais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e em Filosofia pela Universidade de São Paulo (USP). Licenciado em História e em Filosofia pela Universidade de Franca (UNIFRAN)



OLIVEIRA, R.D



Introdução

A física quântica tem mexido profundamente com os alicerces da Física, da ciência em geral, da cultura e da Filosofia desde o primeiro quartel do século XX:

Desde as primeiras aplicações tecnológicas, com a invenção do transistor e do *laser*, até as atuais promessas no campo da informação quântica, o seu manancial de aplicações parece inesgotável. Em que pese esse sucesso científico e tecnológico, persiste entre os cientistas incertezas sobre a interpretação dos próprios fundamentos dessa teoria científica. As incertezas derivam do fato de que ela desafia as nossas intuições não só de senso comum, mas mesmo aquelas enraizadas no desenvolvimento da Física nos últimos séculos. Não é de estranhar, portanto, que a segunda metade do século XX tenha presenciado um renascimento tanto da controvérsia, quanto das investigações sobre os fundamentos dessa teoria (FREIRE JR. et al., 2011, p.11)

Existe uma controvérsia científica em torno do “teorema de Bell”, sobre o princípio de “não-localidade”, que está diretamente relacionada a suas implicações filosóficas, sociais e culturais, que podem ser também, em uma via de mão dupla, seus condicionantes. De forma geral, o teorema desfruta de aceitação na comunidade científica, mas há pesquisas e trabalhos publicados que o refutam, alimentando o debate e a produção acadêmica em relação ao tema.

O fenômeno sociocultural do “misticismo quântico”, que será apresentado adiante, considera o teorema de Bell a base de suas explicações e práticas. Constata-se que há uma influência da produção científica em diversas dinâmicas sociais. Em uma via de mão dupla, a ciência também é forjada em um contexto social. A produção científica e as dinâmicas sociais estão intrinsecamente ligadas e se retroalimentam (LACEY, 2008). Houve condicionantes filosóficos fundamentais para a emergência da teoria quântica no início do século XX, como a atitude eminentemente filosófica do físico Werner Heisenberg (1983) de escolher só tratar de observáveis. Diversas foram também as influências sociais sofridas pela pesquisa em física quântica nesse período, já que a ciência sempre é, de alguma forma, expressão da sociedade. Esses condicionantes devem indicar uma perspectiva histórica nas relações entre física quântica e sociedade. Considera-se que o contexto sociocultural da emergência da física quântica, nos anos 1920 e 1930, principalmente na Alemanha, foi o momento mais decisivo para que essa teoria física ganhasse os contornos que ganhou até a década de 1960. Com a emergência do misticismo quântico nos anos 1960 essas relações ganhariam novas feições.



OLIVEIRA, R.D



Thomas Kuhn (2013) vê o progresso da ciência não como o acúmulo de dados gnosiológicos, mas como um processo contraditório, marcado por revoluções do pensamento científico e em sua lógica. Tais revoluções são definidas como a “desintegração do tradicional” no interior de uma disciplina, forçando a comunidade de profissionais ligados a ela a reformular o conjunto de compromissos e práticas que sustentam essa ciência. São as “disrupturas na ciência normal”. É possível considerar que desde os *Principia* de Newton, publicado em 1687, a mecânica foi se consolidando como uma disciplina tradicional, capaz de descrever os movimentos das partículas de forma clara e determinista. No caso da natureza da luz, Newton (2005) indicou que um feixe de luz era composto por uma corrente de partículas minúsculas. Era uma teoria corpuscular a partir de uma visão atomística do mundo físico.

Para Kuhn, a “ciência normal” é a ciência baseada em uma ou mais realizações científicas passadas, reconhecidas por proporcionar sua prática posterior. A ciência normal trabalha para resolver apenas uns poucos enigmas que ficaram sem solução no atual panorama do conhecimento. Há pouquíssima novidade em fenômenos e conceitos nesta perspectiva de experiência. E a teoria faz isso de propósito, para que dados qualitativos sejam adicionados aos poucos. Quando observações não concordam com a teoria, a própria teoria precisa ser colocada em ordem ou os dados experimentais serão considerados imperfeitos. É o que podemos identificar, por exemplo, no entendimento da natureza da luz por Thomas Young, no início do século XIX, que apresentou fortes evidências de que a luz tinha características de movimento de onda, com os chamados fenômenos de interferência. Um exemplo básico desse tipo de fenômeno são os “anéis de Newton”, exibidas mais de um século antes de Young pelo próprio Newton.

Mesmo com sólidas considerações matemáticas, para Kuhn (2013) há a “articulação”, que traz à luz o que está implícito na teoria. A ciência normal não visa a inovação, mas a inovação pode vir de teorias já confirmadas. A ciência normal não tem interesse mesmo em produzir grandes novidades, ela quer aumentar o alcance do paradigma vigente. Mesmo a teoria do eletromagnetismo, desenvolvida por Maxwell no século XIX, que apontou que a luz era composta por ondas eletromagnéticas, como oscilações em um meio elástico difuso (éter), destarte toda sua inovação, ainda pode ser considerada inserida no paradigma newtoniano. Maxwell se apoia no método experimental baconiano, mas também, fortemente, no método matemático newtoniano. Isso fica claro em sua abordagem das “linhas de força



OLIVEIRA, R.D



de Faraday”, que formariam um tubo por onde a força eletromagnética escorreria. É uma matematização da teoria, e não a busca por sua natureza última. Para se compreender a mudança de um paradigma na ciência, é preciso identificar não apenas sua prática interna, mas o contexto social, filosófico, político, cultural em que ela é produzida.

Ideias como “complementaridade”, desenvolvida pelo físico Niels Bohr (1995) no início do século XX, e a natureza da fronteira entre o mundo microscópico, onde as leis não-intuitivas da mecânica quântica parecem governar, e as leis do mundo sensível, são dois exemplos de ideias advindas da Física, que ganharam um debate sociológico e filosófico sólido ao longo do século XX. Grande parte desse debate teve um forte viés tecnológico, por conta dos diversos instrumentos desenvolvidos a partir de pesquisas na mecânica quântica na década de 1960. Bromberg (2011) destaca o caso do *micromaser*. A narrativa em torno do *micromaser* se deu a partir dos novos tipos de *laser* desenvolvidos a partir de 1960, que permitiram estudar uma inédita classe de objetos, como os átomos de Rydberg, bem como as propriedades desses objetos, novas instrumentações e suas consequências filosóficas.

Os primeiros *masers* funcionavam com aproximadamente um bilhão de moléculas de amônia em uma cavidade de micro-ondas. Obter um fluxo grande o suficiente de moléculas foi um dos obstáculos que os construtores de tais *masers* tiveram que superar (BROMBERG, 1991). Nos anos 1980 esse obstáculo já estava superado e os teóricos começaram a realizar cálculos diretamente relacionados com o trabalho experimental. Nas teorias do novo instrumento (FILIPOWICZ et. al. 1986), físicos exploraram as diferenças entre os sistemas que eram compostos por muitos átomos e os que utilizavam átomos únicos. Scully (1978) sugeriu que seria possível explicar justamente a “complementaridade” de Bohr a partir dos *micromasers*. Ele e o também físico K. Druehl elaboraram uma série de experimentos de pensamento na qual a informação sobre o caminho era registrada pelos detectores que não perturbavam a partícula cuja trajetória eles determinaram (SCULLY; DRUEHL, 1982).

Dessa forma, os experimentos com o *micromaser* focalizaram a atenção nas relações entre ideias como “complementaridade” (BOHR, 1995), “incerteza” (HEISENBERG, 1983) e “correlações entre sistemas” e a tecnologia. Nesse período, as superposições macroscópicas tornaram-se um assunto com destaque nas pesquisas físicas, o que também viria a reforçar esse debate entre conceitos



OLIVEIRA, R.D



sociológicos e filosóficos e o desenvolvimento tecnológico. São os conhecidos estados do “gato de Schrödinger”, como destaca Bromberg (2011):

A questão é saber se, da mesma forma que os átomos podem estar em uma superposição de dois estados diferentes, um objeto macroscópico como um gato pode estar em uma superposição, por exemplo, o estado de estar morto ou o estado de estar vivo. O grupo da École Normale Supérieure passou a estudar as superposições macroscópicas no início da década de 1990. Inicialmente, eles analisaram como criar superposições coerentes de campos eletromagnéticos dentro de uma cavidade; depois, eles passaram a se perguntar como essas superposições decaíam. A descoerência está associada à relação entre o mundo quântico e o clássico. Ela também tem relações profundas com outros aspectos da filosofia da mecânica quântica, como as ideias sobre a complementaridade propostas por Scully e os seus colaboradores. Por outro lado, a descoerência também está relacionada à computação quântica e à questão de se esse projeto de tecnologia será viável ou não. O grupo de Paris examinava a questão tanto em termos científicos, quanto tecnológicos.

O fenômeno da descoerência chegou a ser considerado, por seus partidários, como uma possível solução para o problema da fronteira entre o mundo quântico e o mundo cotidiano observável, um problema que se fazia presente desde o advento da física quântica. Niels Bohr mesmo insistiu que nós precisávamos de dois grupos separados de conceitos, o clássico e o quântico, para atribuir sentido aos diversos fenômenos que passavam a ser observáveis. Os teóricos da descoerência afirmam, desde então, que a teoria quântica é suficiente para tal intento (BROMBERG, 2011). A razão pela qual nós não vemos os efeitos estranhos das superposições quânticas no mundo macroscópico ocorreria porque as superposições macroscópicas perdem a coerência quase instantaneamente quando observadas. O tema da descoerência será retomado mais adiante quando for abordado o fenômeno sociocultural do misticismo quântico.

O que se pretende destacar é que, a partir dos anos 1960, foi aberto um debate sobre fundamentos da Física, que remete diretamente a concepções científicas, sociológicas e filosóficas, assim como a mudanças tecnológicas presentes no contexto em que a mecânica quântica (MQ) foi reelaborada. Freire (2011, p.35) destaca que:

Vários são os fatores que podem ter desempenhado um papel na evolução da controvérsia sobre os fundamentos dessa teoria física. Entre esses fatores, devem ser considerados preconceitos profissionais, questões filosóficas e ideológicas, mudanças culturais e geracionais e a diversidade de ambientes sociais e profissionais nos quais a Física foi praticada ao longo do século.



OLIVEIRA, R.D



Para entender por que o fenômeno do misticismo quântico considera o teorema de Bell, uma sólida construção científica, como fundamento de suas práticas e ideias, trataremos o problema de fundamentos da física quântica a partir de dois polos. O primeiro polo se refere à pesquisa física propriamente, ao seu caráter experimental, básico, laboratorial. Nosso foco de análise será o teorema de Bell, que será exposto no item seguinte. Considera-se que esse teorema forneceu bases para fundamentar outros ramos do conhecimento e da tecnologia e incide sobre eles.

O outro polo de análise se refere à chamada “psicologia quântica”, uma abordagem de fenômenos psicológicos, inserida no movimento maior do “misticismo quântico”. Tal movimento tem facetas sociais, culturais, filosóficas e psicológicas, e procura fundamentar suas ideias a partir da física quântica. A física quântica não implica necessariamente em misticismo, mas permite, outrossim, ao misticismo ancorar-se nela para exprimir suas teses (PESSOA JR., 2011, p. 294). A partir da década de 1960, o misticismo quântico emerge como um fenômeno sociocultural relevante a partir da Califórnia (EUA) e se dissemina rapidamente para diversos lugares. Para representantes desse movimento, uma das fundamentações para suas práticas advém do teorema de Bell, que fora formulado em 1964. É fundamental compreender em que medida tal teorema permite explicações que sustentam o misticismo quântico, em particular que sustentam a psicologia quântica.

Freire (2004) aponta que, a partir da década de 1960, os fundamentos da MQ foram retirados das margens das próprias pesquisas físicas, deixaram de ser uma “controvérsia com a física majoritária”, e passaram a habitar o território da “física normal”, que pressupõe contradições internas a qualquer teoria, ainda que no caso da MQ essas contradições tivessem um forte apelo sociológico e filosófico, o que nem sempre é algo comum para os físicos. Naquele momento, a promessa era de que o teorema de Bell (que será apresentado logo adiante) seria a base para experimentos reais pioneiros, que seriam introduzidos no debate sobre controvérsias no interior da MQ.

Freire (2004) cita que o físico alemão Heinz-Dieter Zeh, no ano de 1967, voltou sua atenção para o problema da medição, chegando à conclusão de que as interações entre corpos macroscópicos e seu ambiente os impedem de serem descritos, do ponto de vista da MQ, conforme sistemas fechados. Daí se depreende que o sistema acoplado (objeto quântico mais o aparato de medição) não se comportava conforme a equação de Schrödinger que, naquele momento, gozava de ampla aceitação. Um problema de fundamento da Física, ou que poderia vir a ser uma controvérsia no interior da teoria.



OLIVEIRA, R.D



Zeh não estava de acordo também com o próprio teorema de Bell, divulgado três anos antes, pois considerava que o princípio da superposição tinha validade universal, o qual estava na base da não-localidade quântica, contrariando o teorema em questão.

No início de novembro de 1964, o físico norte-irlandês John Stewart Bell (1928-1990) terminava um artigo que viria a ter um impacto incomparável na área de fundamentos da física quântica. Bell é responsável pela introdução de um efeito quântico intrigante no ambiente dos laboratórios de pesquisa: o emaranhamento entre sistemas espacialmente separados. Bell afirmou que o requisito da localidade, adotado por Albert Einstein em suas pesquisas nos anos 1930, implicava em uma desigualdade que seria violada pelas previsões recentes da física quântica.

Bell também era crítico da “interpretação da complementaridade” de Bohr, o que o levou a um tipo de “realismo científico otimista”, que acreditava na possibilidade de violar fundamentos da MQ consolidados naquele período. Bell contrastou a localidade com a física quântica e contribuiu para estabelecer o “emaranhamento” como um novo efeito físico quântico. As expectativas de quebrar a mecânica quântica ou de revelar seus limites, por parte de outra tradição específica na pesquisa física, não foram realizadas. Os fundamentos da mecânica quântica padrão entram no século XXI ainda mais corroborados experimentalmente, e a discussão em torno do “emaranhamento” proposta por Bell permanece (FREIRE JR., 2011).

É fundamental recuperar que Albert Einstein, Boris Podolsky e Nathan Rosen publicaram um artigo, em 1935, que balançou os alicerces da física quântica daquele momento. Através de um experimento de pensamento, esse artigo, hoje conhecido como EPR, tinha o intento de mostrar que a MQ era uma teoria incompleta. Como apontam Bispo e David (2011, p. 97):

O argumento apresentado no EPR tinha como alicerce a seguinte premissa: considere duas partículas que interagiram e estão correlacionadas em suas posições e momentos lineares; se essas duas partículas forem afastadas por certa distância e efetuarmos a medida da posição ou momento em uma dessas partículas, isso não deve modificar o “elemento de realidade” associado à outra partícula (e muito menos o resultado de uma medição na outra). Esta premissa, também conhecida como “localidade” ou “separabilidade”, faz parte do que seriam denominadas teorias de variáveis ocultas locais (TVOL).

O físico David Bohm, ao publicar seu livro *Quantum Theory* em 1951, propôs uma mudança no experimento de pensamento apresentado no artigo EPR, a qual consistia em utilizar variáveis bivalentes



OLIVEIRA, R.D



como, por exemplo, componentes de *spin* de duas partículas correlacionadas, em vez de posição e momento (BISPO; DAVID, 2011). O resultado obtido era uma desigualdade que, segundo a teoria quântica, poderia ser violada experimentalmente, mas que limitava as previsões de toda uma classe de “teorias de variáveis ocultas locais” (TVOs locais). De um lado estava a mecânica quântica (neste momento já com determinada ideia de “não localidade” aceita), de outro as TVOs, com a separabilidade (ou localidade).

Para Bell (1964), ficou claro que a TVO de Bohm (1951) tinha um traço curioso de ter um caráter, flagrantemente, não local. Fez então a pergunta que se mostraria correta: será que o traço não local da teoria realista de Bohm seria uma característica de qualquer interpretação realista da teoria quântica? Em poucas semanas de experimentos mostrou que sim, e derivou sua prova de impossibilidade para TVOs locais (BELL, 1964). Também com a teoria da relatividade, aceita-se que um efeito pode se propagar, no máximo, com a velocidade da luz, e não mais rapidamente do que isso. Assim, um evento na lua só pode ser percebido na Terra depois de 1,3 segundo, nunca instantaneamente (EINSTEIN, 1991).

Mas a TVO de Bohm envolve a propagação instantânea de efeitos, como fora salientado por Bell (1964). A situação experimental em que isso ocorre envolve pares de partículas que interagem e se separam espacialmente. Nessa situação, segundo a teoria quântica, as partículas podem se encontrar em um estado emaranhado, que apresenta simetrias que são impossíveis de se reproduzir na física clássica. O que primeiro despertou o interesse dos físicos foi a possibilidade que se abriu para fazer um novo teste experimental no interior da teoria quântica. Cinco anos após a publicação do artigo de Bell (1964), dois grupos começaram a trabalhar na adaptação da agora chamada “desigualdade de Bell” para situações reais de laboratório (BISPO; DAVID, 2011).

De início, não ficou claro se a desigualdade poderia ser violada experimentalmente. O artigo publicado por Clauser, Horne, Shimony e Holt, em 1969, partiu da generalização das desigualdades de Bell e de algumas modificações de outro experimento, realizado por Kocher e Commins em 1967, a fim de propor um experimento realizável que deveria testar as desigualdades de Bell. Em 1972, Freedman e Clauser finalmente conseguiram realizar um experimento que testou, empiricamente, as desigualdades de Bell. Tal experiência se deu com o forno de tântalo, que emitia um feixe de cálcio na forma de vapor, o qual era excitado, através do fenômeno da absorção por ressonância, pela luz de uma



OLIVEIRA, R.D



lâmpada de arco de deutério (também chamada lâmpada de descarga). Como descrevem Bispo e David (2011, p. 100):

Houve também a necessidade de selecionar as polarizações (paralela ou perpendicular ao plano dos polarizadores) dos fótons correlacionados e, para tanto, foram usados polarizadores do tipo pilha de placas (*pile-of-plates*). Estes eram dez lâminas de vidro inclinadas, próximas ao ângulo de Brewster. Em cada lâmina ocorriam duas reflexões, uma em cada face, onde parte da luz que tinha certa polarização era refletida e a outra, com outra polarização, era transmitida. Um mecanismo com dois eixos paralelos interligados por uma cruz de Malta e por dois discos, chamado Mecanismo Geneva, girava os polarizadores num incremento de $27,5^\circ$, para evidenciar melhor uma violação das desigualdades de Bell, já que os ângulos de maior violação eram os de $27,5^\circ$ e $67,5^\circ$.

Mas foi nos anos 1980, com os desenvolvimentos técnicos do grupo do físico Alain Aspect na França, que se tornou indubitável que tal desigualdade poderia ser violada experimentalmente, dependendo apenas de algumas suposições consideradas bastante inócuas (chamadas em inglês de “loopholes”, ou seja, possíveis furos). Do lado teórico, havia um pequeno número de físicos, matemáticos, sociólogos e filósofos que já estudavam questões de fundamentos da física quântica e se interessaram pelo tema. O teorema de Bell tornou-se assim uma controvérsia científica no âmbito da mecânica quântica e da ciência em geral (BISPO; DAVID, 2011).

Com a realização de vários testes experimentais, essa área de fundamentos da Física despertou o interesse de parte de uma nova geração de físicos, especialmente numa época em que muitos estavam desempregados após os cortes de financiamento das universidades, gerados pela crise mundial do petróleo de 1973. Físicos dessa nova geração passaram a buscar novas e necessárias interpretações, que fugissem dos dogmas da visão ortodoxa clássica. Novas propostas realistas não locais foram buscadas, e novas versões do antirrealismo na Física foram também desenvolvidas.

É inegável que a física quântica tem inúmeras implicações filosóficas, sociais e culturais. Nesse contexto específico, essa realidade saltava aos olhos da sociedade. Paty (2011, p.156) destaca que a MQ despertou problemas científicos, sociológicos e filosóficos de várias ordens:

[...] problemas de interpretação, o da natureza da teoria e de seu objeto (este último sendo supostamente descrito por aquela); o problema das *propriedades* atribuíveis ou não a sistemas físicos, a eventualidade de completar a teoria por “variáveis ocultas” suscetíveis de restabelecer o determinismo clássico; a possibilidade de conceber ou de recusar a “não-localidade”(mais precisamente, a “não-separabilidade local”) para subsistemas correlatos; e, ainda, a reconciliação entre o domínio quântico e o domínio



OLIVEIRA, R.D



clássico, este último que corresponde a objetos e propriedades de objetos de concepção mais direta.

Já no alvorecer da teoria quântica nos anos 1920 fenômenos da física atômica e da radiação revelaram características que escapavam à teoria física clássica disponível. Tais fenômenos foram o objeto de uma organização teórica sistemática, que viriam a formular as mecânicas ondulatória e quântica. Mudou-se, efetivamente, o quadro conceitual e teórico, além de seus prolongamentos, com a teoria da difusão e a teoria quântica dos campos que viriam na sequência. O sucesso dessas formulações teóricas deveu-se à sua coerência e à confirmação de suas primeiras previsões pela experiência. Era, então, o tipo de “descrição teórica” que aderiria, de forma mais próxima, às características não clássicas dos fenômenos que ela se propunha a descrever (PATY, 2011).

A relação epistemológica entre sujeito e objeto é um problema da ciência em geral, mas que na MQ também adquire um caráter preponderante, justamente no que tange à descrição teórica, como afirma Paty (2011, p.159):

As partículas quânticas são indiscerníveis de qualquer outra partícula idêntica a elas e obedecem (por esta mesma razão) à “estatística quântica”, elas são não-separáveis localmente, seu comportamento é governado pelo “princípio de superposição linear” de suas funções de estado etc., sendo todas estas características constatadas, mas que não poderiam ter sido concebidas e pensadas sem a teoria que as comporta e a elas obriga.

Os objetos de investigação científica se mostram de maneira surpreendente na MQ. Na física clássica há uma previsibilidade entre a descrição e seu objeto, que é justamente o que ela vai descrever. Os físicos quânticos não têm nenhuma dúvida da “objetividade” dos objetos que pesquisam, não é esse o problema que se apresenta ao pesquisador. Pode mesmo ser uma objetividade diferente do modelo clássico. O problema é de que forma os objetos se mostram ao pesquisador. Pode ser uma objetividade que remete a uma entidade possuidora de determinadas propriedades; ou ainda, mais precisamente, pelo fato de se tratar de uma questão física, uma objetividade sem objetos físicos, tais como os descrevem e os concebem as teorias clássicas. Por outro lado, a maior parte dos físicos não vê problema em qualificar como “construções” as elaborações conceituais e teóricas, como as da MQ, como ocorrera, já no início do século XX, com o sentido estabelecido nas primeiras aproximações do



OLIVEIRA, R.D



domínio quântico e a ajuda das probabilidades concebidas como instrumento matemático (PATY, 2011).

Na célebre interpretação da Escola de Copenhague, objetos poderiam ser considerados apenas ao que se refere à observação que, por sua vez, resultava das medidas matemáticas. Eram consideradas grandezas físicas somente as que poderiam ser postas em correspondência com os resultados da medida realizada (grandezas do tipo clássico naquele momento). Não se poderia descrever os objetos quânticos propriamente, mas apenas os efeitos da medida sobre aquele novo sistema. Dessa forma, as grandezas matemáticas só remeteriam aos fenômenos e às grandezas físicas por meio da interpretação. Os conceitos científicos deveriam, assim, sua legitimidade a um processo de caracterização racional, fruto do contexto sociohistórico em que foi gerado, dos elementos cognitivos relacionados à sua inteligibilidade, bem como às representações conceituais e teóricas em questão. (PATY, 2011).

As investigações sobre as desigualdades de Bell e o conceito de não-localidade quântica (apesar de alguns de seus problemas conceituais), que despontariam em sistemas emaranhados de duas partículas correlacionadas, possibilitaram (não determinaram) o surgimento da ideia de que mentes humanas são como sistemas quânticos, e poderiam se comunicar à distância. As correlações à distância de sistemas quânticos emaranhados têm sido identificadas pela psicologia quântica com o conceito de “sincronicidade”, cunhado pelo psicanalista Carl Jung, que procurou explicar correlações a-causais por trás de coincidências significativas na dinâmica da vida (JUNG, 2011).

O físico e místico quântico Amit Goswami (2005) chega a afirmar que a “não localidade” entre mentes permitiria transmissão instantânea de pensamentos, o fenômeno da telepatia, e que isso poderia ser provado por uma série de experimentos empíricos realizados pelo neurofisiologista e psicólogo Jacobo Grinberg-Zylberbaum. Tal ideia contraria a relatividade restrita, que proíbe transmissão instantânea de informação (EINSTEIN et al., 1958).

No mesmo contexto da formulação do teorema de Bell (1964), alguns físicos interessados em concepções esotéricas já passaram a explorar a hipótese de que o teorema forneceria a chave da explicação científica para a telepatia (fenômeno que é negado pela maior parte da comunidade científica), além de outras possíveis conexões entre consciência humana e física quântica. Essa ideia



OLIVEIRA, R.D



será fortemente absorvida pelo fenômeno sociocultural do misticismo quântico já naquele momento, e continua presente em formulações como a de Goswami (2005)

O movimento do misticismo quântico surgiu em um contexto social, político e histórico específico, o da contracultura dos anos 1960 e 1970, e se manteve ativo nas décadas seguintes. O *ethos* de movimentos ligados ao “neoesoterismo”, como é o caso do misticismo quântico, presente em vários países, segundo Magnani (1999) envolve os seguintes aspectos:

a) *Terapias corporais*. Após a difusão da psicanálise nos anos 70, dois desdobramentos podem ser notados: a prática do lacanismo, com sua postura intelectualizada e a ênfase na palavra, e o complexo alternativo, que privilegia a emoção, a sensação e a intuição, e enfatiza o trabalho terapêutico no corpo e a “mentalização”. b) *Cultivo da individualidade*. O resultado das terapias corporais é uma valorização da realidade interior e dos processos de transformação espiritual, de forma que essa nova espiritualidade é marcada pelo individualismo. O ideal dos anos 1960-1970, de igualitarismo e socialização, é substituído, na era Reagan, pela valorização da individualidade, com aquilo que ela tem de singular e diferente. c) *Comunidade: circuito urbano*. O indivíduo da nova onda mística se insere numa comunidade, porém esta não é a comunidade rural alternativa da era *hippie*, mas geralmente uma comunidade urbana, de fim de semana, que permite “recarregar as baterias” para enfrentar o corre-corre da metrópole, com cursos, palestras, lançamentos de livros e outras vivências. d) *Noção de “energia”*. O conceito de energia (o *chi* do taoísmo) ou energia vital é central na visão de mundo e no *ethos* do neoesoterismo, assim como era nos anos 1960-1970. Com o misticismo quântico, essa energia se torna quântica e considerada a entidade que carrega o fluxo de espiritualidade dentro do corpo, entre os indivíduos e com a natureza. e) *Preocupação com ecologia e natureza*. Assim como nos anos 1960 1970, mantém-se a importância da natureza e da ecologia. Porém, no neoesoterismo, o indivíduo tira sua força da comunhão com a natureza e chega a se sentir capaz de curvar a sociedade a seus desejos e impulsos. f) *Redescoberta do feminino*. Um último aspecto que marca o neoesoterismo é o novo papel do feminino. Não se trata do feminismo dos anos 70, buscando a igualdade entre os gêneros, mas o reconhecimento da superioridade das qualidades femininas de intuição, sensibilidade, espontaneidade e senso comunitário, que de certa forma se cristalizam na figura da bruxa, com seus poderes mágicos. (apud PESSOA JR., 2011, p. 103-116).

b)

O misticismo quântico também compartilha de uma atitude com relação à natureza, presente em longa tradição na história da ciência, que Pessoa Jr. (2011) chama de “naturalismo animista” ou romantismo, o qual considera que: “[...] a natureza é imbuída de uma espécie de alma semelhante à alma humana, ou uma espécie de sentido, finalidade ou racionalidade, semelhantes aos nossos” (p.282). Como seriam feitos da mesma substância fundamental, o ser humano e a natureza teriam as mesmas



OLIVEIRA, R.D



leis (“princípio de identidade”) e fariam parte da mesma totalidade orgânica. Dessa forma, o cientista poderia atingir a verdade apenas através da intuição, não dando tanto valor ao método científico. A natureza toda seria também permeada por polaridades de forças, que conduziriam as transformações biológicas a partir de arquétipos ou tipos ideais (HADA, 2007).

A epistemologia, de Descartes a Kant, tem forte ligação com a física newtoniana (CRUZ, 2011). Pensar qualquer objeto físico significa compreender a dinâmica de evolução espaço-temporal dele. Para representar um fenômeno, é necessário ter equações de movimento. A própria realidade de um objeto passa pelo crivo de localizá-lo no espaço e no tempo. Quando Heisenberg (1983) formula sua mecânica matricial, há um rompimento com os modelos pictóricos de descrição de todos os fenômenos físicos no espaço-tempo. Também o princípio da complementaridade de Bohr (1995) foi proposto como uma “solução de compromisso”, que defende a completude da teoria, incorporando, numa mesma representação, duas descrições diferentes e exclusivas sobre um mesmo objeto, o que não se enquadra dentro das noções cartesiana e kantiana de representação. Bohr mesmo afirmou que as formas tradicionais de percepção impunham limitações à linguagem que a nova produção científica quântica queria usar (CRUZ, 2011). A complementaridade permitia, assim, uma unificação da descrição, dando significado e sentido ao fenômeno tratado.

A física quântica despontou então, para um grupo de físicos a partir dos anos 1960, como uma ruptura com a ciência cartesiana-kantiana preponderante. No aspecto social, essa ruptura se casaria com a ruptura proposta por movimentos sociais, culturais e políticos daquele período em diversos países. Um herdeiro desse período e dessa perspectiva de ruptura é Fritjof Capra, que em 1975 lançou o livro “O Tao da Física”, fazendo paralelos entre a física moderna e o pensamento oriental (CAPRA, 2000). Capra é até hoje considerado por muitos como o físico que deu origem ao misticismo quântico moderno. Muitas assertivas místicas do livro dizem se apoiar em experimentos científicos reais. Mas muitas relações entre conceitos consolidados cientificamente e o que é publicado nos *best-sellers* são problemáticas.

Cruz (2011) aponta que no início da MQ (anos 1920) já houve muitas apropriações indevidas dos conceitos advindos da então nova teoria, devido ao caráter irreverente e iconoclasta do clima intelectual da época na Alemanha. E muitas dessas ligações foram feitas justamente com abordagens da



OLIVEIRA, R.D



psicologia. Por outro lado, segundo o autor, o físico Wolfgang Pauli fez ligações da MQ com a ideia de “arquétipos”, oriunda da psicologia junguiana, de forma equilibrada e precavida:

Pauli é um exemplo desta abertura para outros tipos de conhecimento. Devido a suas ligações com a psicanálise de Jung, ele entende que matéria e mente são aspectos complementares de uma mesma realidade, governada por princípios de ordenamento comum, e que o entendimento do mundo extrapola a pura racionalidade. A percepção e a compreensão do fenômeno para Pauli passam pela mobilização do inconsciente e não apenas do consciente. No caso, ele se refere ao inconsciente coletivo e aos arquétipos que são formas simbólicas que aparecem em todas as culturas, linguagens, mitos etc. Segundo Pauli, a compreensão da realidade passa necessariamente pelas formas simbólicas, e os arquétipos funcionam como fatores de ordenação que auxiliam a criação de imagens fazendo a ponte entre a percepção e o entendimento. (CRUZ, 2011, p. 309)

Desde os anos 1960, baseado na visão naturalista animista, o misticismo quântico atribui uma conexão íntima entre a consciência humana (a espiritualidade) e os fenômenos quânticos. A física quântica seria então o fundamento de terapias alternativas às linhas clássicas da psicanálise. O livro “A cura quântica”, do médico Deepak Chopra (1989), lançado no Brasil em 1990, foi um *best-seller* de divulgação da psicologia quântica. Nele está a tese de que a consciência humana é essencialmente quântica, embora esta afirmação seja frágil do ponto de vista científico, por conta da falta de evidências empíricas consistentes, e devido ao ruído térmico presente no cérebro, que “borra” os efeitos quânticos quando medidos, a descoerência que fora citada no início (PESSOA JR., 1998).

Mas, ainda assim, afirmar que a consciência é essencialmente quântica é uma hipótese empírica aceitável. Em 1986, o físico britânico Roger Penrose partiu da hipótese de que o cérebro humano seria capaz de computar funções não-recursivas, o que o tornaria mais poderoso do que qualquer computador. Embora a hipótese em si carregue alguns problemas, Penrose (1986) indicou que alguma propriedade quântica poderia ser a responsável por essa grande capacidade intelectual do cérebro humano. Junto ao anestesiológico Stuart Hameroff apontou para a possibilidade de que microtúbulos, presentes em todas as células, teriam uma função cognitiva, além da clássica função estrutural de transporte.

Se a consciência é essencialmente quântica, por analogia a duas partículas quânticas, duas consciências poderiam se acoplar quanticamente à distância. Essa tese, porém, é pouco plausível, pois mesmo que haja efeitos essencialmente quânticos em locais restritos do cérebro, quando duas pessoas se encontram não há nenhuma interação física direta entre essas partes de cada cérebro, o que é



OLIVEIRA, R.D



reconhecido pelo próprio Penrose (1986), que deixa a questão em aberto. Mas é uma ideia também capturada pelo misticismo quântico, que se vê na necessidade de postular um “campo mental”, que extravasaria o crânio e permitiria o acoplamento entre mentes. Mas isso foge a uma teoria científica aceitável atualmente.

No polo dos cientistas, é possível que se receba a psicologia quântica a partir de uma perspectiva pluralista. Nesta, admite-se que há várias interpretações possíveis para a física quântica, e que todas que não sejam refutáveis e autocontraditórias, devem ser admitidas, honestamente, como possibilidades. O cientista pode então colocar um dilema para a psicologia quântica, cuja solução envolverá uma reflexão sobre o estatuto da explicação científica predominante sobre o mundo atual. O dilema consiste em o místico quântico aceitar a existência de fenômenos que vão contra o que prevê a ciência estabelecida, ou aceitar apenas a existência de entidades e processos que não entrem em contradição com a ciência

Na primeira opção, o misticismo quântico desafiaria os cânones científicos atuais, como na tese citada anteriormente de Goswami (2005) de que existe transmissão instantânea de pensamentos. Neste caso, que contrapõe cânones da relatividade restrita, e em outros casos desse tipo, ou se faz a ciência (e o conhecimento de forma geral) avançar, conseguindo provar que a tese contradita estava errada, ou se fundam as explicações em evidências fracas e até na mais pura imaginação e vaidade. Na segunda opção, o misticismo quântico assume uma posição conciliadora com a ciência, como no debate entre criacionistas e evolucionistas. Nesse caso, o místico quântico pode crer na existência de mistérios e de um ser superior que cria o ser humano, mas admite que a narrativa da “criação do mundo” é literária e figurada; o ser humano mesmo deve ter chegado ao estágio atual pelo processo evolutivo, o que é aceito pela comunidade científica, e não se choca com uma mera narrativa.

Procuramos apresentar ao longo do texto ideias e conceitos advindos da física quântica, ensinados a partir dos olhares da Sociologia e da Filosofia. Ema uma via de mão dupla, a pesquisa na universidade alimentou muito de nossa prática pedagógica, ao passo que a experiência de ensino despertou temas para a pesquisa no âmbito acadêmico. No âmbito da pesquisa, o intento foi tratar temas da física quântica a partir de uma pesquisa sociológica e filosófica. No âmbito do ensino, valorizou-se a interdisciplinariedade em temas pouco tratados de forma interdisciplinar. Consideramos



OLIVEIRA, R.D



que essa rica experiência interdisciplinar permitiu o crescimento tanto no âmbito da pesquisa como no do ensino.

O Cursinho EduPovo, no município de São Bernardo do Campo, tem uma proposta interdisciplinar por excelência. Sempre há atividades que prezam pela interdisciplinaridade, mas é um desafio quando tratamos de temas pouco abordados nessa perspectiva. As ideias e conceitos que trabalhamos em sala de aula, no âmbito da física quântica, são frutos de pesquisa e não gozam de aceitação irrestrita na pesquisa e no ensino de Física. Mas são ideias que permitem aprofundar a interdisciplinaridade, destacando fatores sociais, culturais, filosóficos, psicológicos e religiosos que estão relacionados à física atual.

REFERÊNCIAS

ASPECT, Alain. Bell's inequality test: more ideal than never. **Nature**, U.K., v. 398, p. 189-233, mar.1999.

BELL, John Stewart. On the Einstein Podolsky Rosen paradox. **Physics**, S.I. v. 1, n. 3, p. 195-200, 1964.

BISPO, Wilson Fábio; DAVID, Denis Gilbert Francis. Sobre a cultura material dos primeiros testes experimentais do teorema de Bell: uma análise das técnicas e dos instrumentos (1972-1976). In: FREIRE, JR., Olival; PESSOA JR., Osvaldo; BROMBERG, Joan Lisa. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

BOHM, David. **Quantum theory**. New York: Prentice Hall, 1951.

BOHR, Niels. **Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932 – 1957**. Trad. V. Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995

BROMBERG, Joan Lisa. Problemas de pesquisa na história da Mecânica Quântica. In: FREIRE, JR., Olival; PESSOA JR., Osvaldo; BROMBERG, Joan Lisa. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

BROMBERG, Joan Lisa. **The Laser in America: 1950-1970**. Cambridge: The MIT Press, 1991

CANTRELL, Charles; SCULLY, Marlan. The EPR paradox revisited. **Phys. Reports**, Tucson, v.43, n. 13, p. 499-508, 1978.

CAPRA, Fritjof. **The tao of physics: an exploration of the parallels between modern physics and eastern mysticism**. 4th ed. Berkeley: Shambhala, 2000.

CHOPRA, Deepak. **A cura quântica**. São Paulo: Best Seller, 1990. Original em inglês: **Quantum healing**. New York: Bantam, 1989.



OLIVEIRA, R.D



COLLINS, Randall. **The sociology of philosophies**: global theory of intellectual change. Cambridge and London: The Belknap Press of Harvard University, 1998.

CRUZ, Frederico Firmo de Souza. Mecânica Quântica e a cultura em dois momentos. In: FREIRE, JR., Olival; PESSOA JR., Osvaldo; BROMBERG, Joan Lisa (Org.). **Teoria quântica**: estudos históricos e implicações culturais. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

EINSTEIN, Albert; PODOLSKY, Boris; ROSEN, Nathan. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? **Physical Review**, S.I., v.47, p.777–790, may. 1935.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da relatividade especial e geral**. São Paulo: Atlas, 1991.

FREIRE JR., Olival. Dissidentes quânticos: pesquisa em fundamentos da Teoria Quântica em torno de 1970 In: FREIRE, JR., Olival; PESSOA JR., Osvaldo; BROMBERG, Joan Lisa (Org.). **Teoria quântica**: estudos históricos e implicações culturais. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

GOSWAMI, Amit. **A física da alma**. São Paulo: Aleph, 2005. Original em inglês: **Physics of the soul**. Charlottesville (VA): Hampton Roads, 2001.

HACKING, Ian. **Representar e intervir**. Trad. P. Rocha. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2012.

HADA, Karem Cynthia. **O ideal de ordem natural de Toulmin aplicado à biologia teleomecanicista do século XIX**. 2007. 61f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007.

HEISENBERG, Werner. The physical content of quantum kinematics and mechanics. Trad. J.A. Wheeler e W.H. Zurek, in: WHEELER, J. and ZUREK, W. (ed.), **Quantum Theory and Measurement**, Princeton University Press, Princeton, 1983, p. 62-84.

JUNG, Carl Gustav. **A dinâmica do inconsciente - sincronicidade**. In: Car Jung. *Obra Completa*, Parte 3, V. 8, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2011.

PATY, Michel. ‘Construção do objeto’ e objetividade na Física Quântica. In: FREIRE, JR., Olival; PESSOA JR., Osvaldo.; BROMBERG, Joan Lisa (Org.). **Teoria quântica**: estudos históricos e implicações culturais. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

PENROSE, Roger. **A nova mente do rei**. Trad. W. Dutra. Rio de Janeiro: Campus, 1994. Original em inglês: **The emperor’s new mind**. Oxford: Oxford University Press, 1989.

PESSOA JR., Osvaldo. O fenômeno cultural do misticismo quântico. In: FREIRE, JR., Olival; PESSOA JR., Osvaldo; BROMBERG, Joan Lisa (Org.). **Teoria quântica**: estudos históricos e implicações culturais. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

SCHRÖDINGER; Erwin. An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules. **The Physical Review**, v.28, n.6, p.1049-1070, dec. 1926.



OLIVEIRA, R.D

Revista Iniciação & Formação Docente

V. 10 n. 1 – 2023

ISSN: 2359-1064



SCULLY, Marlan; DRUEHL, Kevin. Quantum eraser: a proposed photon correlation experiment concerning observation and 'delayed choice' in quantum mechanics. **Physical Review A**, S.I., v. 25, n. 4, p. 2208-2212, 1982.

Como citar este artigo (ABNT)

OLIVEIRA, R. D. **Integrando pesquisa e ensino de sociologia: Uma experiência interdisciplinar com a física quântica.** Revista Iniciação & Formação Docente, Uberaba, MG, v. 10, n. 1, p. XXX-XXX, 2023. Disponível em: <inserir link de acesso>. Acesso em: inserir dia, mês e ano de acesso. DOI: inserir link do DOI.

Como citar este artigo (APA)

OLIVEIRA, R. D.(2023). **Integrando pesquisa e ensino de sociologia: Uma experiência interdisciplinar com a física quântica.** Revista Iniciação & Formação Docente, X(X), XXX-XXX. Recuperado em: inserir dia, mês e ano de acesso de inserir link de acesso. DOI: inserir link do DOI.