

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

LUIZ CARLOS BERNAL

O CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO DA CONSCIÊNCIA
NO CONTEXTO DA REVOLUÇÃO QUÂNTICA

RIO DE JANEIRO

2014

LUIZ CARLOS BERNAL

O CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO DA CONSCIÊNCIA
NO CONTEXTO DA REVOLUÇÃO QUÂNTICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Orientador: Luiz Pinguelli Rosa.
Co-orientadora: Elaine Maria Paiva de Andrade.

RIO DE JANEIRO
2014

LUIZ CARLOS BERNAL

O CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO DA CONSCIÊNCIA
NO CONTEXTO DA REVOLUÇÃO QUÂNTICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Aprovado em 23 de setembro de 2014

Luiz Pinguelli Rosa, Dr^{o.}, COPPE/UFRJ

Elaine Maria Paiva de Andrade, Dr^{a.}, HCTE/UFRJ

Ricardo Silva Kubrusly, Dr^{o.}, HCTE/UFRJ

José Antônio Martins Simões, Dr^{o.}, IF/UFRJ

Ao antepassado anônimo, elo de uma linha geracional contínua,
que percorre a história da humanidade, ligando este eu-de-agora,
ao meio e ao começo, que não pretendo distinguir, mas saudar e agradecer.

Ao professor anônimo que em todas as épocas, sustentando o saber vivo,
transmitiu-o através das gerações, como um gesto de dedicação e grandeza.

AGRADECIMENTOS

Ao meu dileto amigo Esteban Moreno, responsável direto por este feliz encontro com o HCTE, que quase literalmente pegou pela minha mão e me levou para a escola. Além disto, grande companheiro de ideias e de ideais.

Ao meu orientador Prof. Pinguelli, por aulas que abriram minha cabeça e pelo seu afiado faro na hora de separar o joio do trigo, na seara do saber. Suas observações pontuais descortinaram-me avenidas.

À minha co-orientadora, Profa. Elaine, pela gratuita simpatia. Desde cedo acreditou, incentivou, colaborou e ensinou. Os parceiros-irmãos conhecemos de imediato.

Aos professores Ricardo Kubrusly e José Simões que prontamente aceitaram compor esta banca, dedicando seu tempo e conhecimento para me fazerem melhor preparado. Seus excelentes cursos fizeram brotar esta escolha.

Aos colegas dos seminários-permanentes, Aleh, Rogério (ambos do F. Atenas), Nelson, Valéria, Benedito, que tanto me motivaram nas tertúlias das sextas-feiras.

Ao Fórum Atenas, celeiro de ideias e criatividade, regado na diversidade do saber. Em especial aos amigos com quem mais convivi: Eliane, Lélia, Rainer, José Paulo, e com suas participações pontuais mais densas, Virgínia e Chaitin.

À Cristina Bogossian, por sua contribuição preciosa na revisão do texto e nos estudos afins.

Às secretárias por demais atenciosas e carinhosas – Fátima, Raquel, Mariah e Gabriela – sempre articulando o próximo passo.

À minha companheira Juliana por seu amor em forma de esticada tolerância e de apoio nas horas difíceis.

Aos meus filhos *caseiros*, Gustavo e Caetano, pelo afeto presente no reprise cotidiano dos temas universitários de interesse comum a temperar nossos almoços.

Aos meus filhos *de asas*, Helena e Alex, que me sugeriram que a ordem cronológica do título de mestre não importa: pode ser inversa, dos mais novos para os mais velhos.

À minha mãe, o tesouro que me deu, com velada dedicação, o presente da vida.

RESUMO

BERNAL, Luiz. O conhecimento da evolução da consciência no contexto da revolução quântica. Dissertação (Mestrado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Programa em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

O contexto da revolução quântica foi tomado para pensar se as enigmáticas mudanças introduzidas por ela, principalmente aquelas que apontam para uma possível substituição da objetividade forte e do determinismo da física clássica pela subjetividade que influencia o fenômeno junto com o indeterminismo, servem para corroborar a hipótese principal desta dissertação: a de ser a consciência um dos elementos constituintes do universo. As três questões polemizadas por Einstein e Bohr – 1) sobre a realidade física do objeto quântico; 2) a prevalência de uma não-localidade nesta realidade; 3) se a teoria quântica é incompleta – serviram de mote para a apresentação de um esboço do modelo quântico da consciência do autor. Este foi mostrado depois de se fazer uma crítica à teoria quântica da mente de Penrose-Hameroff, construída na intenção realista de tornar objetiva a redução do vetor de estado. Coerente com enfoque mentalista do whiteheadismo modernizado, de Abner Shimony, o autor elabora justificativa para a hipótese contrária: que esta redução há de ser sempre não-objetiva porque é dependente da proto-consciência, ajustada às “ocasiões atuais” e afinadas com a interação das partículas elementares, no nível da escala de Planck. Foi construída uma racionalidade que associa o caráter revolucionário da mecânica quântica ao seu potencial de provocar uma primeira unificação das ciências da natureza, e uma segunda unificação entre estas e as ciências sociais, tendo por fulcro a transformação do funcionamento ordinário da mente, regido por um princípio dual, para o funcionamento da mente una, regido pelo princípio de unificação.

Palavras-chave: consciência; mecânica quântica; realismo.

ABSTRACT

BERNAL, Luiz. O conhecimento da evolução da consciência no contexto da revolução quântica. Dissertação (Mestrado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

The context of the quantum revolution was taken to wonder if the enigmatic changes it brought, especially those that point to a possible substitution of strong objectivity and determinism of classical physics by subjectivity influencing the phenomenon along with indeterminism, serve to support the main hypothesis of this dissertation: to be the conscience of the components of the universe. The three questions polemizadas by Einstein and Bohr - 1) on the physical reality of quantum object; 2) the prevalence of non-locality in this reality; 3) if quantum theory is incomplete - served as a motto for the submission of an outline of the quantum model of consciousness of the author. This was shown after preparing a critique of the quantum theory of Penrose-Hameroff mind, built on realistic intention of making objective the reduction of the state vector. Mentalist approach consistent with the modernized Whiteheadianism, Abner Shimony, the author elaborates justification for the opposite hypothesis: that this reduction must always be non-objective because it is dependent on the proto-consciousness, set the "actual occasions " and attuned to the interaction of elementary particles, at the level of the Planck scale. A rationality that combines the revolutionary character of quantum mechanics to its potential to cause a first unification of the natural sciences and a second unification between these and the social sciences was built, with the fulcrum transforming the ordinary functioning of the mind, governed by a dual principle, for the operation of the one mind, governed by the principle of unification.

Key-words: consciousness; quantum mechanics; realism.

LISTA DAS FIGURAS

Fig. 2.1 – Experimento da Dupla Fenda para a Radiação	60
Fig. 2.2 – Experimento da Dupla Fenda para a Matéria	60
Fig. 2.3 – Interferômetro de Mach-Zehnder	71
Fig. 2.4 – Interferômetro de Mach-Zehnder (esquemático)	72
Fig. 2.5 – Interferômetro de Mach-Zehnder (com marcação de tempo).....	78
Fig. 2.6 – Colapso do Objeto Quântico em uma Câmara de Nuvem de Wilson.....	95
Fig. 2.7 – Quantização Espacial do Ímã de Stern-Gerlach.....	102
Fig. 2.8 – Simulação de Autômatos Microtubulares.....	135
Fig. 2.9 – Esquema da OR-ORCH	137
Fig. 3.1 – Esquema de Penrose para OR	148
Fig. 3.2 – MARA – Matriz Arquetípica do Realismo Ambinômico.....	150

As figuras 3.1 e 3.2 são de minha autoria.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
1 A CONSCIÊNCIA RESGATA SEU STATUS ACADÊMICO RUMO À UNIFICAÇÃO DA CIÊNCIA.	25
1.1 Elegendo a Matéria como Ponto de Partida para a Pesquisa da Consciência.....	25
1.2 Breve Nota sobre a História da Filosofia e sua Base para a Filosofia da Ciência	28
<i>1.2.1 Idealismo e Realismo Definem seu Objeto de Conhecimento.....</i>	<i>28</i>
<i>1.2.2 Racionalismo e Empirismo Definem seu Método de Conhecimento.....</i>	<i>30</i>
<i>1.2.3 Kant e a Epistemologia Ideal do Iluminismo.....</i>	<i>32</i>
<i>1.2.4 A Epistemologia Possível na Complexa Contemporaneidade.....</i>	<i>31</i>
1.3 Quadro de Perguntas Orientadoras para a Pesquisa da Consciência.....	38
1.4 A Triade Geracional de Um Universo Inteligente.....	48
2 A ABORDAGEM DA CONSCIÊNCIA ATRAVÉS DA FÍSICA – A REVOLUÇÃO QUÂNTICA.....	50
2.1 1ª Fase: O Nascimento da Mecânica Quântica: do Assombro à Ousadia... 50	
<i>2.1.1 Os Preliminares da Mecânica Quântica.....</i>	<i>50</i>
<i>2.1.2 Breve História da Mecânica Quântica Através de Cinco Laureados.....</i>	<i>52</i>
<i>2.1.2.1 Planck e os quanta de energia.....</i>	<i>52</i>
<i>2.1.2.2 Einstein e o efeito fotoelétrico.....</i>	<i>53</i>
<i>2.1.2.3 O Átomo de Bohr.....</i>	<i>54</i>
<i>2.1.2.4 O Efeito Compton e a Onda de Matéria de De Broglie.....</i>	<i>56</i>
<i>2.1.3 Os Experimentos Quânticos e Suas Interpretações Apontam Para a Consciência.....</i>	<i>57</i>
<i>2.1.3.1 Experimento-1: o Experimento da Dupla Fenda.....</i>	<i>59</i>
<i>2.1.3.2 Experimento-2: o Experimento Ondulatório do Fóton Único.....</i>	<i>71</i>

2.1.3.3 Experimento-3: o Experimento da Escolha Demorada.....	77
2.2 2ª Fase: A Formulação Matemática da Equação de Onda.....	83
2.2.1 Biênio 1925-27: <i>Mecânica Matricial, Mecânica Ondulatória e a Equação de Onda de Schrödinger</i>	83
2.2.2 O Formalismo do Princípio da Superposição e a Concorrência das interpretações (I).....	88
2.2.3 O Problema da Medição - Colapso da Função de Onda ou Redução de Estado – e a Concorrência das interpretações(II).....	94
2.2.3.1 Experimento-4: usando o detector de “não-demolição”.....	96
2.2.3.2 Experimento-5: quantização espacial e medição, no imã de Stern-Gerlach.....	101
2.3 3ª Fase: A (In)completeza da Teoria Quântica – Realistas Versus Epistêmicos.....	106
2.3.1 <i>Einstein e Bohr e o Dilema Quântico nas Conferências de Solvay</i>	106
2.3.2 <i>O Advento do EPR e os Seus Desdobramentos até o Teorema de Bell e o Experimento de Aspect</i>	109
2.3.3 <i>O Cenário Atual da Mecânica Quântica</i>	113
2.3.4 <i>Realismo Dualista: Quântico Transcendental e Clássico Imanente</i>	115
2.3.4.1 A Peleja Filosófica entre Idealismo e Realismo Reatualizada no Cenário Quântico.....	115
2.3.4.2 Ambinomia, o Indecidível Contemporâneo.....	117
2.4 4ª Fase: A Revolução Propriamente Dita – a Consciência Desponta como Elemento Integrador (e Esclarecedor).....	120
2.4.1 – <i>O Caráter Revolucionário da Mecânica Quântica</i>	120
2.4.2 – <i>O Conhecimento da Consciência Potencializa a Completação da Mecânica Quântica</i>	121
2.4.2.1 A Mente Dual limita a Completação da Teoria Quântica.....	121
2.4.2.2 O Dualismo do Indivíduo Impregna a Cultura e a Ciência.....	122

2.4.3 – <i>A Inclusão da Gravidade e da Consciência, Segundo Penrose-Hameroff, para a Completação da Mecânica Quântica</i>	126
2.4.3.1 O Posicionamento Filosófico de Penrose-Hameroff diante do Problema da Consciência.....	128
2.4.3.2 A Crítica à Interpretação de Copenhagen e o Enfoque Objetivo da Redução.....	129
2.4.3.3 O Microtúbulo, como Autômato Celular Quântico, e a Emergência da Consciência, como Redução Objetiva Orquestrada.....	132
3. A ABORDAGEM DA CONSCIÊNCIA PARA ALÉM (MAS NEM TANTO) DA FÍSICA	141
3.1 Uma Teoria Quântica para a Mente – Fisicalistas Versus Mentalistas	141
3.2 Extrair ou Explicar a Probabilidade do Formalismo Quântico?	144
3.3 “Crescei-vos e Multiplicai-vos”, isto é, Diferenciai-vos – uma Explicação Possível	148
3.4 Um Projeto Autoral de Modelo Quântico para a Consciência Humana	154
3.5 Um Novo Princípio Epistemológico é Proposto para a Pesquisa da Consciência sob o Enfoque da Primeira Pessoa	159
3.5.1 – <i>Associando a Coerência Cerebral com os Estados de Consciência</i>	164
3.6 A Função Humana, Individual e Coletiva, num Universo Consciente e Holístico	167
CONCLUSÃO	172
REFERÊNCIAS	180

INTRODUÇÃO

Nós, esta fagulha vital feita de anseios e de efemeridade, esta centelha mental respirando borbulhante exiguidade, aboletados nesta poeira cósmica chamada Terra, estancamo-nos de pé, perplexos, no silêncio da madrugada. Eretos, varrendo os olhos – este radar sugador de luz – pela vasta negritude do céu salpicado de estrelas, entre o desamparo e a angústia, ousamos reverberar a singela indagação: para quê?

Perguntamos, sim, como se depois do ligeiro movimento no instantâneo relâmpago de um dia, como formigas à cata de grãos, como cigarras na composição de sinfonias, somente nos restasse este espanto, sussurrado antes da morte: o que é isto?!!

No imo do bastão transmitido pelos bravos antepassados, continuavam lá, como legado milenar, estas originais perguntas. Conductoras de mistérios profundos vêm arroteadas por uma civilização inteira. Da pedra lascada ao chip foi uma odisseia de aventuras, um jorro de conquistas. Por mais caras e úteis sejam as benfeitorias, aquelas questões cruciais prosseguem desdobradas, reformuladas, em problemas atuais e urgentes.

Na breve jornada desta dissertação prestes a começar, assumindo encarar de frente as perguntas primeiras, trouxe, à guisa de hipótese principal, a *oblíqua* sugestão de ser a consciência, como proto-informação, um dos elementos constituintes do universo. Formaria, junto com os outros dois, matéria e radiação, a tríade geracional fundamental. É uma hipótese vinculada com o programa de pesquisa da consciência e, indiretamente, com aquelas perguntas substanciais.

Apesar de ideia minoritária no meio acadêmico, nomes de respeito, figurantes do *mainstream*, também adotam esta proposição como princípio da sua produção intelectual.

Há toda uma história de convergência para que eu integrasse esta hipótese geracional com o estudo fascinante da consciência em mote para a pesquisa encetada. **Origem do universo mais conjecturas sobre a consciência igual a**

tema de mestrado. Gestado o tema, nasceu o nome: **O Conhecimento da Evolução da Consciência no Contexto da Revolução Quântica.**

Concebo que a consciência, de multiformes expressões no varejo cósmico, evolui com a própria evolução do universo. E por razões singulares, a mecânica quântica, esta ciência prima, de ponta e de desapontamento (devido à desconcertante quebra de paradigmas e aos encaminhamentos contra-intuitivos que impôs), foi escolhida como base das minhas reflexões, relacionadas tais evoluções.

Também elegendo a mecânica quântica, como centro, por oferecer denso substrato articulável com a consciência, o matemático e físico britânico Roger Penrose foi personagem que despontou naturalmente. Na tentativa de acomodar a mecânica quântica dentro do figurino realista, chamou para si um dos maiores desafios da física contemporânea e construiu tese capaz de juntar mecânica quântica com gravitação. Não satisfeito com o tamanho da façanha empreendida, para perplexidade e desconforto de físicos e de outros cientistas, ainda quis alocar, na intimidade de tal tese, a consciência. Por compartilhar com ele, pelo menos a hipótese do vínculo íntimo entre física quântica e consciência, o nome de Penrose tornou-se uma das nossas primeiras e mais valiosas referências.

Apesar da minha formação em medicina, a matemática, a física e a cosmologia sempre causaram em mim interesse muito além da mera curiosidade – verdadeiramente me fascinavam e fascinam. Principalmente suas filosofias que me ofertam uma plausível ciranda a integrar seus conteúdos. Tendo a sorte de viver numa época em que bons livros de divulgação científica começaram a espocar, foi fácil haurir deste tesouro informações que adubaram o encanto. Também amigos-professores com pleno domínio destas áreas ajudaram-me a adentrar com menos dor (no tanto que isto é possível para um aluno da medicina, com escassos conhecimentos de cálculo) estes conteúdos privilegiados.

Do curso médico, trouxe conhecimentos diferenciados de homeopatia e de medicina psicossomática, que me auxiliaram a enxergar no enfermo, muito mais do que um corpo alterado, um sistema todo integrado de mente-e-corpo que adoece por inteiro, no mesmo tempo em que disponibiliza recursos naturais de cura para nobre serviço reparador – o princípio hipocrático, chamado *vis medicatrix naturae*.

Todo este aprendizado e mais, psiquiatria e psicologia médica, somados à experiência clínica, me encaminharam na direção dos mestres da psique – arrolados ocultos aqui na lista encabeçada pelos dois maiores, Freud e Jung – pela urgente necessidade de ampliar ainda mais a compreensão do ser humano doente e daquele, pretensamente, saudável. Décadas de curiosidade e dedicação, aplicadas ao trabalho e estudo, forjaram quase naturalmente a elaboração de um modelo do funcionamento psíquico, tornado extremamente útil, tanto para o trato terapêutico daqueles que sofrem a dor da alma, como também para fomentar o processo de autoconhecimento.

Logo, mente, psique e consciência – palavras distintas que apontam para o mesmo alvo – vieram, ao longo deste tempo, correlacionando-se através de complementares conceitos, pesquisas e enfoques, próprios destas abordagens acima citadas, somados, ainda, aos recentes e preciosos acréscimos da neurociência.

Buscando ali, ciscando acolá e reforçando o daqui, fui conduzido, por mãos amigas, ao diversificado e rico HCTE. Sorvendo desta fonte, tantas e novas portas do saber e da curiosidade se abriram que só fizeram aumentar o grau (da consciência da) da minha ignorância.

Itinerante neste generoso programa de pós-graduação, frequentei aulas de história e filosofia da ciência, estudei epistemologia e antropologia, e vi outros enfoques da filosofia, da matemática e da física, com excelentes e dedicados professores. No interior deste círculo, com o tema em foco, fui arrecadando destes cursos, novidades, consertos e caras referências desta tradição secular – a academia.

Na releitura do livro de Penrose, *O Grande, o Pequeno e a Mente Humana* (1996), que traz sumária apresentação de suas ideias, já desenvolvidas nas polêmicas publicações anteriores – *A Mente Nova do Rei* (1989) e *Shadows of the Mind* (1994) –, tive grata surpresa em *conhecer* o admirável físico e filósofo da ciência, o americano Abner Shimony que, como comentador de *O Grande...*, não apenas revelou, ali, estreita semelhança com a minha hipótese principal, como também apontou para outro gigante intelectual, o matemático e filósofo britânico, Alfred North Whitehead, referência importante nesta dissertação.

Faltou-me condição para fazer a necessária leitura que a vasta produção científica e filosófica deste trio dispõe-nos. Se realizada, certamente este trabalho ganharia, em substância e consistência, sobremaneira qualidade.

No entanto, o pouco descoberto nestes dois autores foi suficiente para constatar a extrema intimidade entre o pensamento deles e o meu, particularmente quanto ao posicionamento filosófico do mentalismo, em oposição ao fisicalismo. Whitehead, apesar de contemporâneo ao desenvolvimento da mecânica quântica, não a utilizou para formular a sua visão processual da natureza (Whitehead, 1956). Já Shimony, com grandes contribuições no campo da quântica, tratou de fazer uma leitura das suas ideias, traduzindo-as no whiteheadismo modernizado, propondo uma abordagem da mentalidade na natureza, através da teoria quântica. Em 1996, foi agraciado com o Prêmio Lakatos, pela excelência da sua coleção de artigos sobre filosofia da ciência.

Para mais me assegurar dos árduos conceitos da física quântica, recorri a uma obra brasileira laureada – vencedora do 46^o Prêmio Jabuti, na Categoria Ciências Exatas, Tecnologia e Informática – cujo autor, Osvaldo Pessoa Jr, é formado em física pela USP, em 1982, com mestrado em física pela Unicamp, e doutorado no Departamento de História e Filosofia da Ciência da Indiana University, EUA, com tese sobre o problema da medição na mecânica quântica. Trata-se do livro *Conceitos de Física Quântica*. Apesar de os seus dois volumes também estarem indicados para aqueles que nunca cursaram uma disciplina de mecânica quântica, como os alunos de filosofia e história da ciência, seu texto faz-se acompanhado de intenso formalismo matemático, sem poupar os *não-iniciados*. Quando necessário também recorri ao texto clássico da graduação – *Física Quântica*, de Eisberg e Resnick (EISBERG; RESNIK, 1979). Foram referências sólidas para o desenvolvimento do capítulo 2.

Apesar de ter feito aderir um selo de extremo valor ao modelo quântico da consciência, desenvolvido por Penrose-Hameroff, pude avançar com ilações originais ao trabalhar a estrutura filosófica do mentalismo, de Shimony e Whitehead, sobre aquele modelo de consciência. E ainda, assentado nesta leitura da natureza, além de defender a presença da consciência manifestando-se de forma rudimentar nas interações físicas, no nível da escala de Planck, prossegui com a concepção holística de que ela evolui, em compasso harmonioso, com a evolução do universo

inteiro – este, portanto, de caráter inteligente e consciente. Por considerar esta compreensão bem argumentada, venho, particularmente a partir do contexto destas elaborações, engrossar o coro da proposta afim de Penrose, quando pleiteia a necessidade do aparecimento de uma nova física, como condição indispensável para o solução de certos problemas, presentes no atual cenário desta ciência.

Se a física quântica tem dono, como alerta lucidamente meu estimado orientador, professor Pinguelli, nós assistimos curiosa singularidade em uma das suas questões. Especificamente aquela que trata do problema da medição, onde a grande discordância entre os próprios físicos, que já perdura um século, parece afastar o consenso para longe. Fica vulnerável, então, à circulação de tantos forasteiros com as mais variadas intenções, inclusos, os ingênuos. Mas, pelo menos um destes grupos – o dos filósofos da ciência – consegue atrair atenção para suas conjecturas devido à autoridade coerente e reconhecida que possuem. Ainda, vislumbro fronteiras entre esta área confusa da quântica e aquele território virginal que, por enquanto, parece ser terra-de-ninguém – a consciência. É neste circuito que peço vênias e tolerância para desfilar as hipóteses e as construções elaboradas nas páginas deste debutante trabalho.

Entre elas, trago uma visão bastante particular sobre o que é a revolução quântica. Se defendo a proposta de que a consciência evoluiu no, e junto com o universo, é justamente no terreno desta revolução quântica que destacarei os elementos principais a categorizar esta evolução da consciência, de modo a produzir seu conhecimento, tal como indica o título da dissertação.

1 A CONSCIÊNCIA RESGATA SEU STATUS ACADÊMICO RUMO À UNIFICAÇÃO DA CIÊNCIA¹.

1.1 Elegendo a Matéria como Ponto de Partida para a Pesquisa da Consciência.

Consoante com o valor especial que a palavra *escolha* e alguns dos seus correlatos adquirem nesta dissertação, começo justificando o significado de duas escolhas.

A primeira, óbvia, decorreu da necessidade de apresentar o tema de interesse para direcionar a pesquisa, o estudo, próprios desta dissertação. O tema privilegiado, e já investido desde priscas eras, foi a consciência. Motivos pessoais e profissionais não de sobra. Soarão claros à medida que o trabalho ganhar corpo.

A segunda escolha diz respeito ao meu posicionamento filosófico e ideológico, cuja fundamentação é apresentada ao longo da obra, vindo a consciência ocupar lugar central².

O estudo contemporâneo da consciência elenca três problemas para o seu programa de pesquisa. O grande, ou concreto problema, situa-se na difícil relação entre matéria e espírito; posto de maneira mais direta, entre corpo e mente (CHALMERS, 1996). Desdobra-se na crucial pergunta: “como o cérebro cria a consciência?”, ativa na busca de conhecimento sobre a transformação da fisiologia cerebral na singularíssima experiência de consciência, também conhecida como *qualia*. Como, por exemplo, processos neuroquímicos de despolarização da membrana celular do neurônio, de base iônica, disponibiliza a experiência qualitativa da cor azul do céu, ou favorece a elaboração de abstratas

¹ Unificar a ciência pode ser um termo forte quando até mesmo unificar a física tem se mostrado problemático. No entanto, apesar de chocante ou de parecer provocativo, este título foi assim formulado por conter uma das previsões consequentes às hipótese que defendo. Portanto, unificação da ciência é mais uma das hipótese que defendo.

² Justificar porque se filia a uma escola de pensamento não é tarefa fácil. Para que este posicionamento seja respeitado é preciso que sua escolha esteja calcada em argumentos racionais e consistentes. No entanto, com frequência as tintas de suas raízes banham-se em limbo fértil de ingredientes para-rationais que se imiscuem sorrateiros determinando preferencias pessoais tantas vezes apaixonadas. Estas impressões subjetivas sutis, mesmo que evitadas jamais são eliminadas - para o bem e para o mal. Se não descartadas mas justificadas, quando traduzidas em sucesso, são as grandes idéias das inspirações festejadas. Se justificadas, porém equivocadas, desde que coadjuvem bem com as vencedoras, terão cumprido sua função, mesmo que menor.

ideias? O segundo problema envolve a prova da existência de protagonista singular para as vivências íntimas e intransferíveis de cada pessoa, que chamamos todos, de *eu*. Seja a resposta desta prova afirmativa ou negativa, há um terceiro problema a ser resolvido que se trata da responsabilidade individual pelas próprias ações. Se somos, como fiam alguns-muitos, resultado de vasto e complexo automatismo corporal, como, apoiado nesta base, imputar responsabilidade ao ser humano, se suas deliberações, em última instância, dependeriam do determinismo da matéria?

Três perguntas resumem os problemas da consciência: 1) como o cérebro cria a mente consciente? 2) existe um eu? 3) há o livre-arbítrio? (SUTHERLAND, 2002).

Considerando, de forma simples, a matéria como esta substância que ocupa o espaço – compõe o espaço-tempo –, não há como não se embasbacar diante deste quase-milagre que recai sobre a sua transformação em matéria viva³. Evitando tergiversações sobre os entes de transição que cobrem a complexa intermediação entre estas duas marcantes condições - o vivo e o não-vivo -, pertinentes, é óbvio, todavia não móvel deste estudo, fica apontada a célula como o representante da matéria viva. Então, se da matéria bruta aos seres unicelulares há um salto de tamanha significância, da mesma ou até ainda de maior magnitude é o segundo pulo, entre matéria viva e a matéria consciente.

Adentrando este percurso, questões superlativas, próprias do conhecimento, esbanjam desafios. A par das duas questões expostas acima - a origem da vida e a origem da consciência - elucidar o surgimento da matéria, em outros termos, a origem do universo (se é que houve origem) é do mesmo quilate.

Mesmo correndo o risco de ser achacado por assumir raciocínio considerado de ingenuidade intelectual (mas fico em boa companhia já que figura de proa, como Penrose, também foi alvo deste tipo de chacota) (DAMASIO,

³ Para efeito de relação entre matéria e vida, foco esmaecido desta dissertação, é importante destacar que Bohr faz uma comparação dizendo que o princípio elementar **quantum de ação** estaria para a física assim como a “existência da vida”, também elementar e não explicada, estaria para a biologia (ROSA, 2006). Levanto a hipótese de não serem apenas dois princípios elementares, destas duas disciplinas, mas que guardam entre si alguma relação a ser conhecida.

2011; SUTHERLAND, 2002apubHARRIET, 2010, p. 69)⁴, não posso deixar de lançar, se não à guisa de hipótese mas pelo menos de mera especulação, a cogitação sobre o emaranhamento destes três problemas. Estas delicadas e complexas questões que envolvem as três origens - do universo, da vida e da consciência - podem estar, na sua essência, tão intrincadas que a solução adequada de qualquer uma delas implique na revelação de chave comum capaz de elucidar, ou de facilitar o encaminhamento da solução das demais, em decorrência de alguma interdependência natural.

Começando com a primeira questão e tomando a matéria na sua apresentação mais simples, um primeiro caminho seria o de reduzi-la à sua condição mais diminuta para que depois de devidamente perscrutada saber se ali encontram-se presentes, em estado germinal, os princípios da vida e da consciência. A agenda da física moderna deparou-se não apenas com o átomo que, contrariando a etimologia, mostrou-se divisível. Uma pletera de partículas desfilou-se à frente das habilitadas autoridades desta investigação de ponta impondo, não apenas uma classificação, como se fossem exemplares exóticos de vasta e elementar fauna, mas principalmente, a necessidade de uma conceituação pontual e certa do que são. Carecia de desdobrar a declaração dos realistas: ela, a matéria, existe e precisa ser conhecida.

Digo um primeiro caminho, não pela certeza de ser ele o mais apropriado para demarcar o começo desta pesquisa, mas porque, além de contemplar a hipótese do enovelamento das três origens, ele contribuirá para a construção de um raciocínio que acabará por expor o motivo de a consciência carregar status privilegiado, nesta conjectura. E, de contínuo, novas hipóteses serão formuladas.

Tendo a ontologia da matéria, na expressão das partículas elementares, vazado pequena amostra do seu fulgor especial (sua figuração maior virá na sequência), cabe, então, afiar a epistemologia para que toda a complexidade deste objeto seja desvelada. Ou, tentado seja. Através de rápida mas necessária incursão na filosofia, a fim de disponibilizar conceitos indispensáveis a

⁴ Tanto Damásio, quanto Keith Sutherland, editor do Journal of Consciousness Studies, estão criticando o uso do "princípio dos mistérios mínimos", que implica em querer fazer coincidir tudo aquilo que é mistério, assentando-os numa mesma base: consciência é um mistério, mecânica quântica é um mistério, coloca-se, então, ambos como parte do mesmo mistério.

empreendimento de tal porte, a Grécia antiga é revisitada no seu apogeu clássico, quando, do terreno fértil da mitologia, nascem as gêmeas - ontologia, epistemologia e lógica -, todas adubadas por audaciosa metafísica. Daí emergirá a filosofia da ciência tão útil para esclarecer as possíveis e atuais relações entre consciência, cosmogênese e origem da vida.

1.2 Breve Nota sobre a História da Filosofia e sua Base para a Filosofia da Ciência.

1.2.1 Idealismo e Realismo Definem seu Objeto de Conhecimento

A filosofia da ciência tenta guiar a epistemologia na sua árdua função de fundamentar justificativas que esclareçam o que é o conhecimento, ou que método seguir para que se garanta o conhecimento verdadeiro. A história mostra que isto não foi fácil e, talvez, mais difícil ainda será quando o almejado for o conhecimento da consciência.

Se filosofia, num sentido mais simples e direto, significa criar conceitos (DELEUZE e GUATTARI, 1993), estes, originalmente, vincularam-se às complexas instâncias do conhecimento, da realidade e da verdade. A realidade, ou aquilo que *realmente* existe, ficou atrelada à ontologia, como a verdade ficou à lógica, e o conhecimento à epistemologia. A metafísica associou-se ao estudo da natureza última das coisas, o que implicou, em muitos casos, grande intimidade com a ontologia. Mas se as elaborações da filosofia, visando alcançar a epistemologia e afirmar a ontologia, não prescindiram do revolucionário selo do logos como princípio da razão, também não lograram desvinculação total da inventividade metafísica. No entanto, para que a metafísica garantisse sua pertinência neste alvorecer de ideias, fantasias extravagantes precisaram submeter-se a uma depuração racional a fim de se metamorfosearem coerentemente em pensamento abstrato.

Assentados no solo pré-socrático de Elea e de Éfeso, dois conceitos básicos, à guisa de portentosos portais, abriram o vasto universo em que a filosofia se desenvolveria, entrelaçados e interdependentes como faces de uma tira de Moebius. Parmênides aponta sua ontologia para o absoluto, ponderando o ser, eterno e imutável, como aquilo que é. Heráclito contrapõe o efêmero, admitindo que tudo é fluxo, mudança e devir. Delineia-se a trilha por onde o

movimento, como protagonista principal do tenso equilíbrio destes e de outros opostos, seguirá.

Assistindo a fluência dos conceitos deslizar por este caminho, acrescentaria que praticar filosofia também é fazer síntese, constatando nos atomistas a primeira tentativa de integração destes dois conceitos seminais. Delegam ao átomo a condição de imutabilidade e às suas combinações a responsabilidade pela mudança.

A segunda síntese vem com os dois mundos expostos no mito da caverna, onde Platão apõe ao ser parmenidiano, o mundo transcendente das idéias ou das formas perfeitas, e ao devir heraclítico, o mundo imanente, mutante, e ilusório dos sentidos. Para Platão há o conhecimento imediato, presente na doxa e na techné - que se obtém com a percepção -, respectivamente associadas à opinião e às artes práticas, como as sombras enganosas projetadas no fundo da caverna. O conhecimento verdadeiro coincide com a luz ofuscante da entrada da caverna, adquirido pelo filósofo que investiga com a lógica e a geometria, recursos capazes de alçá-lo ao mundo da sabedoria. Por fundamentar sua epistemologia no método hipotético-dedutivo, fazendo uso de recursos como o da redução ao absurdo, pode ser considerado um precursor da lógica.

Assistiremos à implementação de nova dicotomia, quando Aristóteles, opondo-se à Platão, estabelece como real não o mundo das ideias, mas o mundo sensível. Seu recurso epistemológico assenta-se no arco do saber, cujo ramo ascendente, através do método indutivo, conduz aos universais - elemento fundamental tanto da ontologia aristotélica quanto da platônica - enquanto sua curva descendente é ocupada pelo método dedutivo que tem a função de explicar os fenômenos (ROSA, 2005).

Ontologicamente, a linhagem Parmênides-Platão pode ser identificada no curso do idealismo, que afirma ser mental a realidade última, ou segundo conceituação ulterior de Berkeley (fundador do idealismo) (AIRES, 2003), que os objetos físicos não existem a não ser como conteúdos mentais.

Já a linhagem Heráclito-Aristóteles, também sob o mesmo enfoque ontológico, pode ser identificada no curso do realismo, que afirma a existência dos objetos físicos, como entidades independentes da mente.

Duas outras sínteses tomam lugar na Idade Média. Santo Agostinho associa Platão com o pensamento cristão-católico e São Tomás de Aquino, Aristóteles com a Igreja papal. A primeira destas é precedida por Plotino, cujo princípio básico é o Um, e a segunda, pelos conceitualistas de Paris e pelos nominalistas de Chartres, que negam a existência dos universais, e aparecem como precursores da escolástica.

1.2.2 Racionalismo e Empirismo Definem seu Método de Conhecimento.

Após eleger o alvo do conhecimento - o mundo sensível ou o das idéias - cabia a definição do melhor instrumento para a viabilização deste processo. Se, epistemologicamente, o racionalismo defende a possibilidade de se obter o conhecimento acerca do mundo, pela articulação das idéias, incluindo as inatas, em oposição, o empirismo defende a aquisição do conhecimento através da experiência percebida no mundo dos objetos físicos, pelo cinco sentidos. Contemporaneamente, não há sustentação nem para um empirismo radical nem para um racionalismo extremado.

O Discurso sobre o Método, de René Descartes, em 1636, precede por meio século a publicação dos *Principia*, de Newton, em 1687, marco pontual da revolução científica do século XVII, embora o seu enfoque mais preciso seja o de um processo envolvendo obras de Copérnico, Kepler, Galileu e as do próprio Newton. Com o Método, Descartes cria a condição para o debate sobre a natureza do conhecimento, assentado numa perspectiva racional. Sustenta a tese sobre a existência dos universais, como Deus, mas que seriam apreendidos através do princípio racional. É o próprio logos dos gregos retornando para dissipar o conhecimento ingênuo firmado na autoridade escolástica (DESCARTES, 1636).

Racionalista, mas enfatizando o pensar como os idealistas, Descartes afirma, em 1641, com *Meditações*, que somente se pode ter certeza de uma única coisa. Emite o famoso aforismo, “Penso, logo existo”, e funda sua ontologia do eu (DESCARTES, 1641).

O empirismo britânico que houvera sido inaugurado por Francis Bacon, em 1620, com o *Novum Organum* - onde está proposto um método epistemológico com excessiva valorização do indutivismo - recebe o apoio de John Locke, em

1690, com o Ensaio sobre o Entendimento Humano. Além de negar os universais, opõe-se ao racionalismo cartesiano, incluindo a concepção das ideias inatas, defendendo que a mente humana, no nascimento, é uma tábula-rasa.

Numa guinada pró-racionalismo, Gottfried Leibniz critica Locke, com o seu *Novos Ensaios sobre o Entendimento Humano*, em 1704. Compreende a tábula-rasa do empirista como apenas aparente, já que o conhecimento inato há de se revelar gradualmente. Toma isto como base para sustentar a viabilidade do conhecimento, a partir das ideias inatas. Dez anos, depois, publica *Monadologia*, onde sustenta uma metafísica e ontologia criativas, propondo um elaborado sistema de mônadas. Cada mônada contém uma representação completa de todo o universo. Cada coisa no mundo possui uma noção distinta, que traz informação sobre si e sobre todas as suas conexões com as outras coisas. O conhecimento é obtido quando se analisa as conexões entre as noções das coisas. Para se obter a verdade final careceria de a análise ser finita, algo que a mente não consegue dado o engendramento complexo e numeroso daquilo que se investiga. Estas são as necessárias verdades de razão, que não comportam contradição. Superando esta limitação o ser humano lança mão das verdades de fato, obtidas pela experiência. Estas são contingenciais e admitem a contradição. Com a frase, “sabemos quase nada adequadamente, de pouca coisa a priori, e da maioria pela experiência”, está endossando, apesar de racionalista, a importância do empirismo.

Seis anos após o “entendimento humano” de Leibniz, aparece o *Tratado sobre os Princípios do Entendimento Humano*, de George Berkeley, marcando presença na esteira do empirismo. Fica conhecido como o empirista místico ou *imaterialista* porque, apesar de empirista, afirma que o mundo só existe na medida em que é percebido. Os objetos são conhecidos através das ideias que temos deles. Provavelmente Kant mirou na sua assertiva de que conhecemos através das ideias sobre o objeto percebido, mas não a coisa em si. Esta, por ser excluída da experiência, é incognoscível. Berkeley radicaliza ao asseverar não existir esta tal substância material, pura criação dos filósofos.

Engrossando o grupo dos empiristas, com apenas 28 anos David Hume traz à lume em 1739, *Tratado sobre a Natureza Humana*. E acrescenta, em 1748, sua contribuição pessoal aos “entendimentos humanos”, de Locke, Leibniz e

Berkeley, com a Investigação acerca do Entendimento Humano, onde problematiza o método indutivo como confiável gerador de conhecimento. Esclarece que nele estão embutidos tanto o hábito como a crença, elementos ineficazes para gerar conhecimento. Na tentativa de resolver as dificuldades apontadas pelos racionalistas, sempre numa perspectiva empírica, acabou por concluir ser instável o conhecimento, na perspectiva indutivista - daí o codinome de empirista cético. Parecia-lhe impossível admitir que ideias importantes, como causalidade e universalidade, pudessem se constituir a partir da experiência.

O dilema de Hume centra-se nos raciocínios demonstrativos, que pelo uso da lógica mostram-se auto-evidentes, e nos raciocínios prováveis, que dependendo da experiência, apresentam-se como verdadeiros ou falsos. Acende um facho que será seguido pelo positivismo lógico que destitui de significado todos raciocínios que não cabem na categoria de raciocínio provável defendido por Hume.

1.2.3 Kant e a Epistemologia Ideal do Iluminismo.

Embora seja possível apalpar movimentos de intenção integradora nos pensadores acima esboçados, esta vai se destacar em Immanuel Kant, com o seu Idealismo Transcendental, exposto na Crítica da Razão Pura, em 1781, não obstante o nome escolhido pelo próprio pareça indicar tendência idealista. Apesar de noticiar que houvera sido acordado por Hume do seu sono dogmático, Kant assumiu, como desafio, o objetivo de enfrentar o questionamento de Hume sobre conhecimento via indutivismo já que era inegável o sucesso da mecânica newtoniana. Sua síntese envolve sensibilidade e entendimento, empirismo e racionalismo. Associando sua estética transcendental com a analítica transcendental, conjuga percepção com intuição, conceito com entendimento para dar coerência à causalidade observada no mundo fenomênico. Espaço, tempo, causalidade e substância são juízos sintéticos *a priori*, herdados pelo ser humano como recursos mentais e constitucionais. Com eles, emoldura-se o mundo dos fenômenos captados *in natura* pelos sentidos, fornecendo lógica aos objetos, em forma de teorias que o entendimento formaliza. Mas, em concordância com Berkeley, apenas a aparência dos objetos é apreendida, já que a coisa em si, pertencente ao mundo numênico, permanece inacessível e incognoscível. O

conhecimento vem a ser o produto da interação da coisa em si com os elementos próprios da racionalidade humana.

Sobre aquilo que não é afeito à experiência empírica pode-se apenas cogitar para estabelecer compreensão, como hipóteses racionalizadas, sem contudo serem afirmadas como conhecimento. Mas mesmo usando a razão para elaborar compreensão, seu limite é imposto quando se depara com raciocínios válidos e contraditórios. Apesar de antagônicos, não há como decidir por um deles, porque seus argumentos, apesar de distintos, são coerentes. Kant os configura como antinomias da razão.

As antinomias da razão são quatro: 1) se o universo é finito ou infinito, no tempo e no espaço; 2) se a matéria é discreta ou contínua; 3) se há determinismo ou indeterminismo; 4) se Deus existe ou não. Em cada uma delas, a razão não consegue decidir por um dos dois argumentos que defendem teses opostas.

Georg Hegel, em 1807, com a Fenomenologia do Espírito, fazendo uso de uma metafísica ousada, aponta para o Idealismo Absoluto, combatendo as categorias de Kant, por serem tratadas como imutáveis. Para Hegel, contrariamente, elas mudavam no curso do tempo, já que o espírito, além de comandar o desenvolvimento da humanidade e se expressar por meio da história, seria reintegrado em si mesmo, na medida que viesse a entender esta história. Para tal contaria com o processo dialético: a uma tese se contrapõe uma antítese, para a criar o novo, em forma de síntese. Na nova síntese proposta não bastaria o ser. A ele deveria se opor o não-ser para que o devir emergisse. Ficaria associado a Heráclito pelo destaque dado ao movimento (entre opostos) capaz de fazer surgir, com o devir, a mudança e o novo, se não enfatizasse o seu estacionamento na síntese (final) dos diferentes.

No futuro, a consciência saltaria da esfera do indivíduo para a social, estagiaria nos grupos e instituições, até pertencer à realidade como um todo, expressão própria da verdade - vaticinava o filósofo alemão. Mas o que é a verdade? Ele responde: "a verdade é o todo. Mas o todo é somente a essência que se implementa por meio do seu desenvolvimento. (BUCKINGHAM, 2003)

1.2.4 A Epistemologia Possível na Complexa Contemporaneidade.

A partir da crítica de Hegel a Kant, como a do próprio Kant aos seus antecessores, três correntes filosóficas destacam-se no seu encaixo: o materialismo dialético de Marx, a filosofia da natureza e a fenomenologia do século XX. A filosofia da natureza é questionada no positivismo lógico, e este evolui para o neopositivismo. Como crítico gabaritado deste aparece o austríaco-*inglês* Karl Popper. O neopositivismo surge na esteira da vitória do atomismo sobre o positivismo e fomentará uma interpretação específica da mecânica quântica, objeto de análise desta dissertação.

A crítica ao positivismo lógico, iniciada por Popper, é incrementada por discursos bastante similares, neste particular, de Thomas Kuhn e de Imre Lakatos. Se aos três forem acrescentados Feyerabend e Bachelard fica constituída a vanguarda da epistemologia, que manterá acesa acalourada e pertinente discussão sobre a teoria do conhecimento. Que novos fundamentos ou entendimentos eles adicionariam que ajudassem a explicar a história da ciência e ainda que fossem capazes de responder, ou de problematizar com lucidez, os desafios crescentes da filosofia da ciência, no século passado, quando o tema era por eles discutido? Jorrariam também elementos fertilizantes para esta nossa controversa contemporaneidade onde abundam questões sócio-políticas e éticas, hiperdimensionadas por tecnologias revolucionárias, que a própria ciência disponibiliza? Qual foi, para nós, o legado deste debate?

Popper, Kuhn e Lakatos compartilham a ideia de que a ciência não é resultado de uma produção linear e cumulativa do conhecimento. Tampouco faz uso da observação neutra e de um único método científico para descobrir a realidade dos fenômenos, como defendia o positivismo lógico, primado no método indutivista. Está, portanto, a ciência mais propícia a ser identificada como uma injunção histórica do que como fonte reveladora de verdades extraídas dos fatos. É falível e corrigível; conseqüentemente, provisória. Esta abordagem construtivista da epistemologia nega tanto a supremacia do objeto do conhecimento, própria da concepção empirista, como a do sujeito cognoscente, defendida pelo idealismo. É da interação não-neutra e criativa entre sujeito e objeto, influenciados pelas demandas econômicas e sociais, próprias da sua época, que se constrói o conhecimento.

Para o positivismo, que sobrevaloriza os dados empíricos captados pela (pretensa) observação neutra – um dos ingredientes da sua receita para elaboração de teorias –, o critério de demarcação do que é científico, repousa na verificabilidade da prova. Para Popper não importa se as teorias são construídas racionalmente ou inventadas, até por inspiração metafísica. Qualquer uma delas tem o direito de almejar status científico desde que porte proposições testáveis e, assim, passíveis de refutação. Caberá à epistemologia empregar o método crítico que, associado à dedução lógica, checará a validade das suas conclusões por meio de testes em condições específicas. Em caso afirmativo, não carregará marca de verdade mas sim de conjectura provisoriamente aceita. As teorias cujas afirmações ou hipóteses não são refutáveis não comportariam o selo do falseacionismo popperiano e, por isto, ficam contrastadas como pseudo-ciências. Ele cita a psicanálise e a astrologia como exemplos. O verificacionismo do positivismo busca a comprovação; o falseacionismo, a refutação. Ambos usam a lógica dedutiva para que suas explicações científicas sustentem uma conclusão, mas nem sempre esta lógica é garantia da transmissão da verdade, como demonstra o falho método indutivista – a observação de mil cisnes brancos não garante que todos os cisnes ostentem esta cor na plumagem. No entanto, isto não nega a possibilidade de se obter teorias e leis científicas a partir do indutivismo. Do particular se pode, também, chegar ao geral. Apenas é contraindicado tomar isto como regra absoluta, dado que em algum momento um fato novo pode invalidar o já estabelecido. Como decorrência, Popper nega tanto o argumento indutivista como também a existência de leis universais.

A filosofia popperiana é considerada realista por atribuir à ciência a função de buscar a verdade sobre a realidade objetiva, não obstante admitir que a melhor representação do seu movimento nesta direção seja a de uma curva assíntota. Posto como um epistemólogo racionalista crítico, recebe o apoio de Lakatos, compartilhando a ideia de que toda e qualquer teoria deva ser passível de crítica, associando à esta natureza parlamentar da comunidade o grande trunfo promotor do aprimoramento do conhecimento científico.

Irme Lakatos, com a sua proposta de “metodologia dos programas de pesquisa científica” (MPPC), tem uma explicação lógica para o sucesso científico, contestando a ideia de Kuhn de que as revoluções tem um caráter irracional.

(LAKATOS, 1989apubSILVEIRA, 1996). Junto com Popper consideram que o progresso científico é governado por regras racionais, não lhe cabendo a condição de vulnerável joguete conduzido pela psicologia social das pesquisas. Se a filosofia da ciência oferece ao historiador epistemologias e metodologias adequadas, este, avaliando as propostas metodológicas rivais, construirá a história interna da ciência, que ainda assim será complementada pela história externa - social e psicológica.

Como se constata, estes dois autores aliam-se, afinados, em relação à construção progressiva, concorrente e crítica da ciência, através dos seus agentes. Lakatos, ainda, apoia a regra heurística de Popper, propondo-lhe uma função elaborativa junto ao caráter provisório das teorias, para que não sejam descartadas de imediato, na vigência de testes que apontem para alguma falsidade. Popper já cuidara disto quando diferenciou o falseacionismo ingênuo, de um robusto. Não avalisava a queda de uma teoria em decorrência de qualquer resultado experimental negativo. Em contraste com estes testes frágeis, ele postulou o experimento crucial. Melhor detalhada, a metodologia dos programas de pesquisa científica (MPPC), de Lakatos, consta de 4 elementos: 1) o núcleo duro, forte o suficiente para não ser vulnerável à “retransmissão da falsidade”; 2) o cinturão protetor que, albergando hipóteses e teorias auxiliares passíveis de falsidade, protegem o núcleo duro, fazendo uso de dois elementos: 3) a heurística negativa que assimila os casos problemáticos, protegendo e salvando o núcleo duro; e 4) a heurística positiva que orienta modificações necessárias e pertinentes no cinturão, visando a superação das anomalias.

Além de fazer coro à crítica de Popper e de Lakatos ao positivismo, asseverando que a construção do saber é inventivo e não definitivo, Thomas Kuhn defende a proposição de um paradigma caracterizando a marca de uma comunidade científica. Diferencia-se daqueles autores quando divide a ciência em normal e revolucionária. Critica a primeira pelo seu exercício conservador quando tenta encaixar a natureza dentro dos limites preestabelecidos e inflexíveis do paradigma dominante, construindo, com esmero, para tal fim, exemplares que modelam a solução de problemas. Assim, muito mais doutrina os estudantes para serem cientistas defensores do modelo vigente do que os prepara para o desenvolvimento daquela inventividade que os gênios fazem brotar, quando o

conservadorismo não a oprime. É do seu expediente articular a teoria para resolver suas ambiguidades – pode se dizer que nesta crítica Kuhn está relativizando a proposta do cinturão de proteção de Lakatos e a heurística de Popper. Kuhn explicita esta ciência normal, empregando a metáfora do quebra-cabeça, como atividade cuja solução já está previamente assegurada. A mesmice somente é ameaçada quando as anomalias começam a fazer água impedindo a convencionalidade de sustar o alarme de naufrágio iminente – a ciência normal fracassa e a crise se instala. Com o arrego do monismo teórico, a transição se impõe e a revolução científica se desdobra, clamando por uma nova ciência. Neste tempo de convivência e de competição entre a ordinária e a nova, a solução que já havia sido antecipada começa a ser ouvida, sendo comum a vigência daquilo que Kuhn denomina de incomensurabilidade de paradigmas – os proponentes rivais praticam seus ofícios em mundos distintos. Ele mexe com os brios dos paladinos da ciência oficial quando acusa estar em jogo muito mais a persuasão do que o valor da prova, já que cada grupo se aferra ao seu próprio paradigma. Popper e Lakatos contra-atacam não admitindo a pecha de irracional para o debate científico. Devolvem, como falta de critério, a tentativa kuhniana de transformar a crise científica em conceito psicológico, sua revolução em uma psicologia das multidões e, como reducionismo, encarar a filosofia da ciência como psicologia ou sociologia da ciência.

Pelo visto, apesar de os três engrossarem o coro contra o positivismo lógico, Kuhn não acompanha os outros dois na defesa incondicional deste enfoque progressivo da ciência. Muitas vezes, de forma ácida, *desglamoriza* a ciência, considerando-a bem distante de uma instituição admirável, porque seus representantes, ainda hoje repetem os crassos erros de preconceito que prevaleceram ao longo da história. Contribuindo para o engessamento do saber, antepõem-se ao ingresso do novo, dificultando a revolução necessária. Não se pode deixar de atentar que fazer parte de uma elite que defende a ciência é estar no fio da navalha – nela, precisa-se da maestria do afinador de alaúde, pois que apertando muito arreventa a corda e deixando frouxo priva a festa da melodia. O novo sempre vem e se houver o concurso da sensibilidade do cientista e do filósofo, não será preciso a morte dos tradicionais para que a renovação se estabeleça.

Tangendo os meandros da filosofia da ciência e revolvendo as estruturas da epistemologia, que metodologia adequada há de ser empregada no difícil programa de pesquisa que envolve o complexo estudo da consciência? Se a abordagem de Popper e de Lakatos parece mais direcionada para a pesquisa da ciência dura, por consequência ainda pertinente para lidar com grande parte dos problemas que a mecânica quântica evidenciou, continuaria ela, contudo, sendo capaz de orientar a solução de algumas complicadas estranhezas introduzidas como desconcertantes enigmas, por um viés seu bastante revolucionário, que por mais de um século teima em desafiar as melhores cabeças? Não caberia aqui, o enfoque kuhniano, entendendo que se a solução buscada estiver afiançada pelo conservadorismo da ciência normal, o grande salto que levaria à superação da crise, com a instalação de uma nova ciência extraordinária, fundamentada em paradigma diferente, estaria sendo retardado? Não estaríamos todos imersos num sonho, admitido como realidade (tal como, de ordinário, é comum acontecer na experiência onírica), por conta de, inconscientemente, estarmos vivendo a tese de Kuhn da incomensurabilidade de paradigmas? E se assim é, motivações desconhecidas estão impedindo que se pise o solo do novo paradigma que, abeirado, carece de exploração. E não faria parte deste interregno a ousadia de novas propostas, até mesmo epistemológicas, a fim de que apareça, metodologia diferenciada? Sigo na expectativa de que esta há de abarcar ao mesmo tempo a mecânica quântica e a pesquisa da consciência, que também poderia ser denominada de conscientologia – uma ciência que para ser da consciência não poderia se furtar ao caráter transdisciplinar.

1.3 Quadro de Perguntas Orientadoras para a Pesquisa da Consciência.

Depois deste passeio demasiado ligeiro e superficial, por mais de dois milênios de história, ressoam as criações das grandes escolas do pensamento - idealismo e realismo, racionalismo e empirismo – e as articulações entre ontologia, epistemologia, lógica e metafísica, como a grande joia da cultura ocidental. Foi esboçado, tanto na intenção de salientar os conceitos balizadores das controversas interpretações sobre o que a matéria é, quanto para servir como ponto de partida da elaboração de uma epistemologia hábil o suficiente para orientar a pesquisa da consciência.

Apoiado nestes conceitos da filosofia, como também usando a referência de Hessen sobre a questão essencial da epistemologia - se é o sujeito quem determina o objeto (idealismo ontológico) ou se é o objeto quem determina o sujeito (realismo ontológico) – (HESSEN, 1999apudPESSOA, 2003 p. 101), os três grandes problemas da consciência revisitados recebem nova abordagem através de uma reformulação daquele conjunto de perguntas – 1) a origem da consciência; 2) se há um eu; 3) se há o livre arbítrio (item 1.1). Na falta de consenso, qualquer programa que se candidate à pesquisa da consciência deve oferecer, de saída, o seu conceito sobre este singular objeto. Logo, a primeira pergunta que se impõe, espontânea e desafiadora, é esta: o que é consciência?

Ontologicamente, o realismo vai responder à ponderação de Hessen, afirmando a existência de uma realidade independente do sujeito, enquanto o idealismo a negará. E este, na sua vertente subjetivista mais radical, o solipsismo, acaba por escolher a vida mental como única realidade. Saindo dos dois extremos, o idealismo objetivo de Berkeley, que assume como real tudo aquilo que é percebido por alguém, apesar de priorizar o sujeito como avalista do mundo exterior, não deixa de marcar afinidade com o realismo ontológico, já que elege a matéria, ou o universo material, como instigante objeto de conhecimento (PESSOA, 2003). Embora as duas correntes filosóficas primem o debate em cima da escolha de qual dos elementos possui ontologia, a alma ou a matéria, dado que esta resposta seja excludente, o problema da geração da consciência, como está posto, privilegia o viés realista, uma vez que formula a pergunta considerando ser o cérebro a causa da consciência, ou a matéria a geradora da mente (SUTHERLAND, 2002apudHARRIET, 2010, p. 69). Se o realismo faz recair no objeto a causa, e o idealismo escolhe o sujeito como primordial, a pergunta neutra, mais genérica - “como se origina a consciência?” -, adotando de início uma imparcialidade filosófica, se apresenta com mais isenção para se analisar a originalidade de resposta de cada corrente, em pé de igualdade.

A pesquisa da consciência, de orientação realista, envereda pela parcialidade impregnando sua ideologia ao problema geracional quando enceta a pesquisa com a pergunta “como o cérebro cria a consciência?”. Não vincula a investigação da consciência ao conhecimento do seu elemento essencial, a matéria, porque delega a ontologia da matéria à física, e a pesquisa da sua

origem, à cosmologia, que assim, ficam estabelecidas como disciplinas bem distintas da neurociência, mesmo quando o caráter desta seja eminentemente materialista. Tudo bem afinado com a compartimentalização dos saberes. Considerando a mente um epifenômeno da matéria que se complexifica, somado à pertinência do programa da física e da cosmologia como seus paralelos, fica justificado para a neurociência, a formulação realista geracional desta segunda pergunta. No entanto, passível de crítica.

Não obstante o começo da nossa filosofia moderna assentar-se no cogito cartesiano, fundação que afirma a primeira e inabalável certeza, em cima da qual Descartes construiu todo o seu edifício filosófico, a pesquisa contemporânea da consciência não se intimida em colocar sob xeque, de novo, esta dúvida crucial. O cogito calçou a existência na certeza do eu que pensa. E este pensar primordial não é somente *eu pensando* mas sobretudo, *eu pensando eu*, que implica a subjetividade em qualquer operação mental (SAMPAIO, 2001). Eis o que desvela o cogito cartesiano. Consciência que sempre inclui autoconsciência, embora às vezes ligeiramente velada pelo destaque de importância do objeto figurado como conteúdo mental. Mas, voltando ao principal, ousa a contemporaneidade, de novo, duvidar - eu existo?

Esta terceira pergunta emerge da necessidade de saber sobre a prescindibilidade do eu na ontologia da consciência. Dado que o idealismo tem na subjetividade o seu elemento principal, sua pesquisa da consciência parte do pressuposto que o eu existe, tal como o realismo procede com a matéria. Então, parece que esta pergunta satisfaz mais ao encaminhamento do programa realista. Precisam responder se é possível admitir consciência sem protagonista, já que para os idealistas tal certeza é implícita. Ou não? Este assunto voltará à baila.

Para aqueles que associam à consciência, pelo menos a expressada no estágio humano, um vínculo estreito com o eu, a investigação deste seria um correlato do estudo da consciência. Mesmo que haja número significativo daqueles que discordam da filosofia dualista de Descartes, outro grande contingente o acompanha na sua certeza fundante. O eu existe. Para estes, dado o vínculo de interdependência entre os elementos em questão, torna-se tão importante saber o que é o eu quanto o que é a consciência.

Cinco grupos ficam destacados quanto ao problema do eu: 1) os que o afirmam como cogito, em consonância com o dualismo cartesiano – para estes o problema geracional já estaria resolvido, na medida em que Descartes estabelece uma origem independente e comum para a matéria e para a alma: Deus. (cuja existência ele admite já estar provada pelo seu sistema) (DESCARTES, 1641); 2) os que o afirmam como epifenômeno ou como emergência do cérebro, de acordo com o fisicalismo; 3) poderia se supor um grupo daqueles que o entrelaçam à matéria sem hierarquizar qualquer dos dois elementos como prioritário – seguindo um monismo spinozista; 4) os que o afirmam como única realidade – adeptos de um idealismo radical; 5) e aqueles que o negam – afinados com o materialismo extremado.

Já a terceira, daquele quadro inicial, que virou quarta pergunta - se há o livre-arbítrio? -, parece fazer sentido apenas na vigência de uma concepção que tenha o eu como realidade, já que esta liberdade é tida como um atributo do eu. Cabendo aos adeptos da inexistência do eu o ônus de justificar a responsabilidade civil da individualidade pelos seus atos, esta poderia ser validada como resultado de um acordo tácito, implícito na convivência social, que se aprende enquanto se vive e que acaba por se constituir como esteio da economia coletiva ou do seu código de ética.

Ao criar o método racional, Descartes não apenas optou pela razão como meio de se obter o conhecimento mas, conforme já exposto, começou afirmando a ontologia do eu para daí derivar a afirmação da realidade da matéria. Estava dando seguimento à linhagem platônica. Caracterizando o seu dualismo, selecionou a matéria como objeto do conhecimento científico, destinando o estudo da alma para a filosofia e para religião, não obstante defender que o homem de saber devesse dominar ambas áreas. Ao longo dos séculos seguintes, a ciência fez uso desta dicotomia para investir na sistematização compartimentada destas disciplinas, separando o cientista do filósofo, com distinção para o primeiro, principalmente por estar a ciência assentada no sucesso da capacidade preditiva da física newtoniana. Hoje, ao promover o estudo da consciência para a esfera acadêmica, é necessário pensar que esta divisão ocorrida há quase quatrocentos anos, não obstante estar parcialmente justificada – tornar a ciência autônoma e independente da regulamentação

religiosa – causou prejuízos pela forma como a oficialidade do conhecimento desprezou os conteúdos relacionados à mente e à alma. Visando a unificação do saber, a hora deste resgate chegou. Se urge, para tanto, uma epistemologia que sustente a validade da pesquisa da consciência, uma formulação matemática para a mente também lhe conferiria respeito acadêmico.

Abrindo as portas para a revolução científica do século XVII, fizeram-se presentes tanto o racionalismo quanto o empirismo. O primeiro iria contribuir ainda para a emergência do iluminismo, no século seguinte, e o empirismo fincaria raízes para o positivismo aparecer no século XIX – divisão de influências aqui feitas apenas para frisar as tintas mais fortes de cada corrente, já que ambas fertilizarão o período das luzes e os seus desdobramentos. Tanto o racionalismo quanto o empirismo nasceram como consequência de contestações pertinentes à escolástica envelhecida, quando pensadores independentes rechaçaram quaisquer adesões acríticas. Embora o Método de Descartes supere em muito o de Bacon, coube aos britânicos afirmarem a necessidade da experimentação, que se tornaria mais tarde a base do verificacionismo. Mas entre estas duas tendências, como expoente de uma linhagem, que passa por Copérnico, Kepler e Galileu (para resumir o elenco dos influentes), somente “o último dos magos”, Newton, usando de uma metafísica força à distância, foi capaz de introduzir e instalar a grandeza da sua mecânica. Emergiu, como cientista, cresceu e voou na interface das duas escolas. Não se limitou à contiguidade que a força do racionalista Descartes exigia e nem aceitaria a impossibilidade do conhecimento que a filosofia de Hume impunha, mirada no indutivismo.

Para Kant, os *Principia* estavam para a filosofia da natureza, como Os Elementos de Euclides estavam para a geometria. Eram revelações absolutas que o tempo não devoraria. Parâmetros coerentes para estruturar uma epistemologia robusta, no entanto, insustentável – mas Kant não viveria o suficiente para constatar a limitação do seu vislumbre. Se tomara como desafio articular o ceticismo de Hume com o sucesso do formalismo newtoniano, desfazendo a terrível contradição que incomodava a epistemologia, seu objetivo foi conquistado por meio da estética transcendental – o idealismo kantiano. Ainda, almejava Kant uma certeza do quilate da mecânica e da geometria no reino da filosofia, no terreno da alma, seguindo a divisão cartesiana. Apesar de a teoria da

relatividade e as geometrias não-euclidianas terem dissolvido aquela certeza que Kant vinculava à física e à geometria, poderia agora a ciência adentrar, de outra forma, campos alheios como o da filosofia e da psicologia, mais especificamente, na conscientologia, com a introdução de nova e pertinente metodologia para a pesquisa da consciência?

Quando o alvo do conhecimento é a matéria, o realismo se diferencia do empirismo, porque enquanto este, na sua vertente positivista, considera como cognoscível apenas a realidade objetiva, o primeiro abarca também aquilo que não é observado. Tanto os positivistas, grandes defensores do empirismo, quanto os racionalistas, críticos destes, valorizam, como instrumentos ou recursos, métodos que associam os experimentos com a lógica (indutivismo e dedutivismo), na formulação do conhecimento. Agora, quando o foco muda para a consciência, como estas escolas e seus representantes se comportam? Há autores, como Daniel Dennett, que ao abordarem a mente negam tanto a existência da consciência como a do eu (DENNETT, 1991apudPENROSE, 2011). Tudo se resume na pesquisa da matéria sofisticada, o cérebro, porque através do conhecimento da sua neurofisiologia o fenômeno mente seria explicado. Para estes, a consciência jamais adquiriria status acadêmico já que ela não existe – não passa de uma entidade derivada. Representantes do realismo fisicalista na neurociência e na filosofia da mente, como Damasio (DAMASIO, 2011) e Popper (POPPER, 1995), apesar de admitirem a realidade da consciência e do eu, lidam com eles como emergência do processo físico cerebral, que alcançam relativa liberdade em relação ao seu substrato material.

Ainda, voltando à matéria, para o idealismo transcendental kantiano, sua essência - o *noumenos*, ou a coisa-em-si - seria inabordável ao conhecimento, portanto, incognoscível. Sempre que ela se torna objeto de conhecimento, quem lhe fornece este status é o ser humano, mais particularmente a estrutura do seu aparelho perceptivo e cognitivo. A coisa-em-si, percebida como representação mental, transforma-se em *fenômeno*, que é cognoscível. Desdobrando: em vez de tempo, espaço e causalidade – enquadrantes fenomênicos da matéria - serem tratados como partes intrínsecas da realidade externa, são considerados sintéticos a priori e categorias da mente humana. Não há como deixar de vincular

esta epistemologia kantiana ao idealismo, para o qual é impossível conhecer qualquer entidade, independente do sujeito cognoscente.

Se por esta abordagem filosófica e epistemológica, que poderia estar vinculada tanto ao idealismo quanto ao racionalismo, o sujeito é sugado para dentro da pesquisa da matéria como parte indissociável desta – e até a *distorce* –, caberia saber se há outros dados, principalmente empíricos, que corroborariam tal concepção.

A mecânica quântica mostrou sua singularidade extravagante porque, filiada à mais dura das ciências, a física, ela deveria seguir um dos seus mais caros princípios, o determinismo. Provocou intenso rebuliço não apenas para filósofos da ciência, mas para os próprios físicos, diante da urgência de adequar idiossincrasias aberrantes e indomáveis. Mostrou disposição natural para questionamentos anacrônicos sobre a estrutura e ontologia da matéria, dando continuidade àquilo que a relatividade e a radioatividade já houvera introduzido, ao testemunharem a interconvertibilidade entre matéria e radiação.

Até porque, prosseguindo no rol das esquisitices desta nova física, duas particularidades (que serão abordados na sequência), em apontando para a pertinência da hipótese sobre a participação do sujeito no fenômeno quântico, contribuíram sobremaneira para que eu elegesse a estratégia de usar o conhecimento da mecânica quântica antes de abordar a hipótese de um enovelamento entre matéria, radiação e consciência, no problema das suas origens. Havia a expectativa de que deste acurado conhecimento quântico pudesse emergir sugestões, orientações ou até esclarecimentos sobre as questões próprias do programa de pesquisa da consciência. Repetidas: 1) o que é consciência? 2) qual é a origem da consciência? 3) há o eu? 4) há o livre arbítrio?

No que tange ao conhecimento da mente, como adequar o auxílio de meios empíricos à potência de métodos racionais? Em termos atuais, como adicionar o concurso destes dois recursos à específica pesquisa da consciência, seja em terceira, seja em primeira pessoas? Para a pesquisa em primeira pessoa, apesar de a razão despontar logo de saída (o sujeito que se investiga é um ente racional), um método próprio precisa ser construído. Neste particular, a ênfase recai uma vez mais no propalado “conhece-te a ti mesmo” que, mesmo não tendo

se apartado da filosofia em momento algum desde sua ancestral exortação nos portais do Oráculo de Delfos, carece de ser revisitado para a elaboração de singular método. Por motivo que se tornará óbvio, a referência cartesiana soa como imperioso adicional para pensar este projeto. Algumas palavras de esclarecimento precisam ser enunciadas sobre tal programa, mesmo que sua pormenorização, assim como a proposta desta pesquisa empírica, escape do escopo deste momento.

Por que o método de Descartes para a ciência serviria como referência para a pesquisa da consciência? Seu “Discurso sobre o Método para Conduzir Bem sua Razão e Procurar a Verdade (nas) [ou] (através das) Ciências”, aos 23 anos, desenredou tantas questões da geometria e da álgebra, que o fez ambicionar extrapolar tais princípios para a filosofia, tão carente de sistema – demonstrava ele já a mesma inquietude que incomodaria a Kant, quase 150 anos depois. Para realizar tamanha empresa precisaria contar com o concurso de um longo tempo dedicado à sua preparação intelectual, onde a *meditação* sistemática ocuparia lugar privilegiado, na sua vida de errante recluso. “Meditações”, que veio quatro anos após o Discurso do Método, em 1641, foi obra da sua filosofia madura. Se Descartes se satisfizesse com este projeto que densificou sua obra filosófica, seria viável um empreendimento similar para a filosofia da mente ou, mais particularmente, para a pesquisa da consciência, sob o enfoque de primeira pessoa? Atualmente, no campo desta pesquisa, meditação é uma proposta de experiência que vai além dos altos e maravilhosos voos do intelecto humano – daqueles voos em que a razão esteja funcionando como balizador da lógica dedutiva, fundamento do racionalismo cartesiano. Não vai aqui qualquer sugestão de que o alcance de “Meditações” restringiu-se à esfera intelectual, como técnica usada por Descartes para burilar elaborações do pensamento.

Sem querer, por enquanto, conceituar o que significaria meditação hoje, é preciso pontuar que, sob ótica rigorosa, investigar a consciência parece empreitada inexecutável, se não, incompleta. Pois, ou se perde a essência da consciência quando a teima é manter sua abordagem objetiva, como nas averiguações de terceira pessoa, ou se perde a objetividade caso a ênfase seja o enfoque de primeira pessoa. O intransferível conteúdo da experiência subjetiva, exemplificado na singularidade com que cada pessoa sente o perfume de uma

rosa, - referência das qualia, como categoria mental -, limita tanto a pesquisa armada por aparelhos e tecnologia, como aquela outra em que nós, pesquisadores, anotamos a vivência psíquica de alguém sob nossa observação. Logo, o distanciamento entre sujeito e objeto, ou a instalação de neutralidade máxima entre o investigador e a coisa investigada, tão consagrados na pesquisa clássica, é princípio não aplicável quando a consciência se apresenta como objeto do estudo. Talvez fosse oportuno lembrar que esta mesma objetivação, inviabilizada aqui pela natureza dos dois elementos postos em relação de conhecimento - sujeito e sua mente -, foi surpreendentemente flagrada e ingerida de forma incômoda, na mais dura das ciências, quando o ente quântico bailou à frente do físico moderno desafiando-o. Haveria um princípio similar regendo estes dois tipos de fenômenos – o mental e o físico – ou seria tal semelhança mera coincidência? Esta constatação ainda será mote de outras considerações a posteriori. Embora a pesquisa instrumentada possa oferecer informações complementares, úteis para ampliação do conhecimento do objeto consciência - por todo o já dito, melhor chamado de **sujeito** -, há que admitir a imprescindibilidade da abordagem da primeira pessoa, se a intenção for a de adentrar a intimidade da sua dimensão fenomênica. Mas primeira pessoa não significa pessoa única, como foi no caso das Meditações cartesianas. Pelo contrário. Para que a experiência subjetiva não acabe por validar o solipsismo, tão passível de enganos e de afirmações pueris, e ainda dê cabo de outras dificuldades intrínsecas ao problema, faz-se imperiosa a constituição de um grupo, no caso da conscientologia.

Se o idealismo epistemológico afirma ser possível conhecer a mente, o eu, todo o programa que usasse a meditação como meio de averiguar esta instância estaria em consonância com tal escola. Descartes quando constrói o seu Método e o aplica à filosofia, esta que, apesar de ter como ponto de partida a ontologia do eu, propõe desvendar a matéria, conferindo-lhe também ontologia, distingue-se do idealismo porque, enquanto Descartes se assenta no dualismo, o caráter do idealismo é monista, mesmo aquele particular de Berkeley, para quem a matéria adquire status de realidade, como objeto percebido, tão somente pela mirada subjetiva (Tabela 1.1).

	Ontologia	Monismo	Dualismo
Realismo materialista (Dennet)	matéria – sim alma – não	A consciência é uma ilusão, criada como expressão da função do sistema nervoso	
Realismo fisicista (Popper; Damasio)	matéria – sim alma – não	A consciência emerge e adquire autonomia (pelo menos para Popper)	Popper afirma um pluralismo, acrescentando o mundo da cultura à matéria e à mente.
Idealismo radical	alma – sim matéria – não	A matéria é uma ilusão. Só há o sujeito.	
Idealismo de Berkeley	alma – sim matéria – não	A matéria adquire status na medida em que é percebida.	
Teísmo (Descartes)	alma – sim matéria – sim		Ambos existem como independentes e criados por Deus.

Tabela 1.1 – Cinco posições filosóficas relacionadas com a ontologia da matéria e da alma

Um programa de pesquisa completa, sob o viés realista, implicaria em, primeiro, conhecer a origem da matéria, e segundo, como a matéria origina a mente ou, como o cérebro cria a consciência, em coerência com o entendimento que esta é um epifenômeno do cérebro, e mais especificamente, à transformação da neurofisiologia cerebral em qualia mentais.

O programa do idealismo investigaria, primeiro, a origem da consciência ou da alma, e depois, como a alma origina a matéria, o corpo, em consonância com o platonismo que vislumbra o mundo ideal independente da matéria. De acordo com Descartes, tanto um quanto o outro teriam em Deus a sua criação.

Visando diferenciar esta autoral proposta de pesquisa da consciência daquelas cuja base apoia-se nas filosofias idealista, realista ou dualista cartesiana, será necessário finalizar este primeiro capítulo com considerações sobre os elementos constituintes do universo.

No enfoque hegemônico da ciência, a matéria é considerada o elemento fundamental. Isto foi reformulado na modernidade, ficando matéria e radiação como interdependentes e interconvertíveis. A visão de mundo argumentada aqui opõe-se a este pressuposto enfoque realista-materialista. Ou seja, proponho que a consciência, tomada como informação e/ou inteligência, é um dos constituintes fundamentais do universo, compartilhando tal condição com os outros dois elementos, formando, por isto, uma tríade geracional:

consciência, radiação (ou campo) e matéria. Esta hipótese contempla, pelo menos inicialmente, o dualismo cartesiano em detrimento do idealismo, que faz da idéia/mente/eu a única realidade.

1.4 A Tríade Geracional de Um Universo Inteligente.

Um dos motivos responsáveis pela condição de centralidade da escolha da consciência como tema deste estudo, conforme já revelado, é o pressuposto contido na hipótese argumentada acima: a presença da consciência na origem do universo. Mesmo que o clássico big-bang não seja o marco inicial, isto é, a realidade seja de multiversos ou este universo seja a transição entre universos anteriores e outros que se seguirão, deslocando, portanto, a questão do início, assim como da conservação da energia e da informação, em situações extremas, para outras instâncias, a consciência deveria ali participar. Por quê?

A argumentação arregimentada para tal defesa baseia-se num raciocínio simples. Parece-me mais coerente admitir neste universo, cujo funcionamento explicita princípios, leis e fenômenos inteligíveis, a presença intrínseca da inteligência na sua estrutura do que advogar o contrário. Nesta tese contrária, ele, constituído de elementos não-inteligentes acabaria por produzir a inteligência, como obra dos entrecosques aleatórios dos seus movimentos. Movimentos que, inteligíveis, já carregam a marca da inteligibilidade, captados pela mente humana.

Tendo a física, ao buscar o entendimento da estrutura e do movimento da matéria, constatado a presença de forças e de leis regendo tais fenômenos, reveladas racionalmente compreensíveis, uma opção diante deste cenário é considerar que tanto estes entes - matéria e radiação -, como seus princípios reguladores, surgiram do nada. No meio deste percurso, a vida e a consciência inteligente teriam sido acidentalmente adicionadas com o concurso generoso do tempo. Opção alternativa: o nada nada produz. Nesta perspectiva, porque os fenômenos são inteligíveis viriam de fonte inteligível. Esta hipótese carrega alguns problemas. Pretendo discorrer sobre aquele decorrente da dissociação entre a causa do universo e o próprio o universo – que coloca esta causa à parte dele, tomando o universo como efeito – pois a hipótese aqui defendida é diferente: considera a causa do universo organicamente presente na sua estrutura e no seu funcionamento. Espero ser evidente a estreita relação entre esta causa intrínseca

e a consciência, de acordo com a hipótese aqui aventada de ser a informação um dos elementos constituintes do universo. Em consonância com esta hipótese, o entendimento sobre diferentes níveis de expressão da consciência na natureza, com complexidades afins, precisa ser elaborado. Além, da evidente expressão, que a nossa presença humana revela, mais uma, no extremo abaixo, em correspondência com a matéria elementar, e outra mais, no extremo acima, em correspondência com o universo inteiro, carecem de abordagem para a formulação de um conjunto mínimo que integraria cosmicamente matéria (e radiação) com informação.

Muitas outras argumentações acompanhariam a defesa deste pressuposto escolhido, como por exemplo a decorrente da necessidade de justificar a razoabilidade desta criação em face da presença de ingentes questões de (in)justiça social. São elas da maior importância. Apesar de fugirem ao objetivo deste trabalho, elas estarão incluídas na conclusão.

As formulações da física sobre a natureza da matéria, com o advento da mecânica quântica, fez com que os materialistas não pudessem se assumir mais assim - a matéria se dissolveu. No máximo, são agora fisicalistas. Na investigação mais elementar sobre a matéria e o campo, sobre o átomo e as partículas, entre as nobres questões que a quântica propôs, darei destaque para duas que servirão de guia para a abordagem do problema geracional da consciência: 1) a ontologia da matéria/radiação e, portanto, do objeto quântico; 2) a inclusão da subjetividade no fenômeno quântico.

Quero, antes de explorar possibilidades de respostas para a pergunta realista - como o cérebro cria a consciência? - não apenas analisar o que o cérebro é, mas de quê o cérebro é feito. Não está em questão suas áreas, núcleos, circuitos sinápticos, e nem mesmo a sua unidade celular, o neurônio. A opção primeira é olhar para a estrutura elementar da matéria que o constitui – moléculas, átomos e partículas – e, com o auxílio da mecânica quântica, como a teoria que vasculhou com mais propriedade e autoridade seus meandros íntimos, conhecer a *res extensa*.

2 A ABORDAGEM DA CONSCIÊNCIA ATRAVÉS DA FÍSICA – A REVOLUÇÃO QUÂNTICA.

Proponho, por quatro motivos, entender a mecânica quântica como marco de uma singular revolução científica, ainda em curso:

- 1) Extrai o nuclear e hegemônico determinismo da física (clássica), sugerindo funcionamento probabilístico para a realidade e, por isto, questiona drasticamente o que é a realidade.
- 2) Abala as estruturas vigentes da ontologia e da epistemologia – matéria e radiação, interconvertíveis, passam a ser regidas pela dualidade onda-partícula.
- 3) Introduce o sujeito na intimidade do fenômeno, revogando princípio nobre da máxima objetividade na observação científica.
- 4) Potencializa a necessidade de formulação de uma nova e integrada ciência, de acordo com argumentos que serão desenvolvidos nesta dissertação.

Ainda que caibam discordâncias sobre a vigência destes quatro argumentos pró-revolução quântica, seja pela forma em que são apresentados seja pelo seu próprio conteúdo ou entendimento, há fatos indiscutíveis em que a presença de cada um é incontestável.

Proponho, ainda, dividir o seu processo, em 4 fases:

- 1) do nascimento: do assombro à ousadia;
- 2) da formulação matemática da equação de onda;
- 3) da concorrência de interpretação;
- 4) da revolução propriamente dita.

2.1 1ª Fase: O Nascimento da Mecânica Quântica: do Assombro à Ousadia.

2.1.1 Os Preliminares da Mecânica Quântica.

Antes de fazer a defesa da grande revolução perpetrada pela física quântica no seio da comunidade científica, seria esclarecedor apresentar um apanhado sucinto do cenário previamente vizinho ao seu advento.

Na passagem da física clássica, operada pelo princípio do determinismo, para a mecânica quântica, regida pelo princípio oposto, o do indeterminismo, dois caminhos paralelos devem ser percorridos, de acordo com a leitura de Pinguelli. Um que contempla a hipótese atomista e outro que privilegia a radiação ou a partícula livre - fóton e elétron. Ambos confluirão na nova teoria. (Rosa, 2006, p. 125).

Começando pelo átomo, que protagonizou extrema polêmica em torno da sua realidade, no decorrer da segunda metade do século XIX, dividindo atomistas e positivistas, este teve a sua primeira partícula descoberta pelo físico inglês J. J. Thomson, em 1897, mostrando que os raios catódicos, no interior da ampola de Crooks, são formados por pequenas partículas negativas. Ficaram conhecidas como elétrons, cuja unidade mínima de carga elétrica veio ser confirmada por Robert Millikan, em 1909.

Em 1904, Thomson, sabendo que por razões experimentais o átomo teria de ser eletricamente neutro, propõe um modelo baseado numa esfera com carga positiva distribuída de maneira uniforme e, no seu interior, os elétrons. Seriam como as passas de um pudim. Neste mesmo ano, Nagaoka elaborou um modelo baseado no sistema solar, parecido com o de Rutherford, que em 1911 usando as partículas alfa para bombardear uma fina placa de ouro, descobre o núcleo atômico, e vai propor um núcleo positivo, orbitado pelos elétrons. Ele supõe, então, que o átomo possui uma carga central positiva, concentrada em um ponto. As partículas alfa (núcleos do Hélio ou parte do núcleo atômico de outros elementos) eram constituintes da radioatividade descoberta por Becquerel em 1896, quando percebeu a curiosa propriedade de certas substâncias de emitir algo, uma radiação, capaz de atravessar papel opaco à luz.

No entanto, de acordo com a teoria eletromagnética, o átomo de Rutherford seria inviável por ser instável. Toda carga acelerada emite energia e, assim, o elétron acabaria por se tragar pelo núcleo atômico. Além do que, este modelo era incapaz de explicar o espectro da série emitida pelos átomos que funcionava como selo identificador.

Na outra esteira da quantização, estava presente grave problema para a física clássica porque, de acordo com a teoria vigente do eletromagnetismo, havia

grande inconsistência para se explicar as emissões do corpo negro, ou seja, o espectro de radiação térmica emitida por ele. Este problema ficou conhecido como a catástrofe do ultra-violeta.

Como solucionar a instabilidade do modelo atômico de Rutherford e a catástrofe do ultra-violeta, duas singulares situações em conflito com a vigorosa e bem-sucedida teoria eletromagnética?

2.1.2 Breve História da Mecânica Quântica Através de Cinco Laureados.

2.1.2.1 Planck e os quanta de energia.

Planck, em 1900, introduz importantes elaborações envolvendo uma nova constante da natureza, que servem para resolver o problema da catástrofe do ultravioleta, com a discretização da radiação. Estava partilhando teoricamente, sim, os quanta de energia, mas de forma acanhada, constrangido, quase a pedir desculpas aos seus pares por tamanha ousadia. Decretava *aos filhos*, os novos possíveis seguidores desta esdrúxula proposta, que a partir desta data não era mais permitido a divisão infinita da energia. Havia um limite para esta operação. Aquele conceito primevo, dos gregos atomistas, aplicado à matéria, de que esta, num limite da natureza, seria indivisível, acabava de ser transposto para a energia. Embora estivesse em voga grande reboliço por conta da existência do átomo, preponderava o poder dos positivistas, impondo reservas a quaisquer ideias que, por serem consideradas excessivas, eram tachadas de metafísicas. O atomismo era uma delas. Vestiam os pensadores ousados com camisa-de-força, castrando intuições carentes de comprovação.

Qualquer corpo irradia energia, em decorrência e dependência da sua temperatura, associada a uma frequência, revelada por sua cor. De acordo com as previsões do eletromagnetismo, um corpo negro ideal em equilíbrio térmico deve emitir certa quantidade de energia em cada frequência. Quando se calcula a quantidade total de energia emitida, observa-se que para comprimentos de onda maiores, a teoria clássica concorda com a observação experimental. Mas para comprimentos de ondas menores, a intensidade da radiação emitida tende para o infinito, em disparidade com os experimentos, daí o nome de catástrofe do ultravioleta.

A distribuição de energia, emitida em função da frequência da radiação, só foi explicada quando Planck fez uma proposta que se mostrou revolucionária. Postulou a discretização da energia, impondo restrição aos osciladores mínimos de somente emitir energia em determinadas quantidades. Mais precisamente, em quantidades inteiras de hf , onde h passou a ser chamada de constante de Planck, representando o quantum de ação, e f , a frequência da radiação emitida. Esta suposição ficou conhecida como quantização da energia. A partir dessa idéia, elaborou expressão matemática completamente ajustada à curva espectral da radiação de corpo negro.

No enfoque clássico de Maxwell, a energia da onda é proporcional ao quadrado da sua amplitude. Ao ajustá-la à frequência, de acordo com os dados empíricos, Planck cometeu grande heresia contra o eletromagnetismo. Apesar de vitoriosa, esta hipótese dos quanta era suficientemente esdrúxula para soltar a bruxa na casa dos físicos e fazer descarrilhar, sem retorno, o comportamento da física no micromundo.

Daqui surge o que Bohr denominará de postulado quântico (usado, mais à frente, para explicar a versão fraca da dualidade onda-partícula), ou seja, que qualquer radiação carrega consigo um espectro energético descontínuo, expressado em números inteiros de diminutos pacotes de energia.

Três soluções e uma proposta importantes surgem na esteira dos quanta de Planck.

2.1.2.2 Einstein e o efeito fotoelétrico.

Em 1905, no seu “annus mirabili”, Albert Einstein revela a grandeza da sua genialidade: demonstra os princípios também revolucionários da teoria da relatividade, confirma o atomismo com a prova do movimento browniano, e ainda, com a explicação do efeito fotoelétrico, reforça o postulado quântico de Planck, confirmando que no mundo microscópico a energia é proporcional à frequência da onda.

Heinrich Hertz, em 1887, confirmando o seu palpite de que a luz poderia gerar faíscas, concluiu que o fenômeno era próprio da faixa do ultravioleta. A seguir, foi demonstrado que os corpos metálicos, irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva, porque partículas do metal deixavam sua superfície. Em

1889, Thomson postulou o efeito fotoelétrico afirmando que estas partículas, com a propriedade de constituir uma corrente *elétrica*, eram os elétrons. Em 1903, Lenard provou que a energia dos elétrons emitidos não apresentava a menor dependência da intensidade da luz e, em 1904, Schweidler mostrou que a energia destes elétrons era proporcional à frequência da luz irradiada sobre o metal.

Segundo Einstein, a inviabilidade de explicação deste fenômeno, de acordo com a concepção da luz distribuída continuamente no espaço, era totalmente superada admitindo-se a hipótese de ser a luz constituída de quanta de energia. Cada fóton, ou quantum de luz, transporta uma energia dada por hf (fórmula de Planck). Foi o primeiro experimento que demonstrou a universalidade da constante de Planck.

Einstein desenvolve, assim, precisa equação que coroa o efeito fotoelétrico com o seu formalismo adequado, e funde o velho modelo corpuscular da luz, sugerido por Newton, com o modelo ondulatório, defendido por Huyghens. Inaugura-se a dualidade onda-partícula, que integra num mesmo objeto uma “coisa” localizada espacialmente como era a partícula clássica, com a “onda” espalhada no espaço (ROSA, 2006)⁵. O próprio Einstein considera esta a sua mais revolucionária tese – ia contra a teoria do campo eletromagnético de Maxell e contra a demonstração de Young que confirmara o caráter ondulatório da luz.

O efeito fotoelétrico, assim esclarecido, passou à história como a mais nítida prova da indivisibilidade da partícula de luz, batizada com o nome de fóton⁶.

2.1.2.3 O Átomo de Bohr.

⁵ Em 1916, Millikan publicou um extenso trabalho sobre seus resultados obtidos na Universidade de Chicago. Ele comprovou que a equação de Einstein se ajustava muito bem aos experimentos. Mas, em 1949, Millikan confessou ter dedicado mais de dez anos de trabalho testando a equação de Einstein, com absoluto ceticismo em relação à sua validade. Todavia, contrariando todas as suas expectativas, os resultados experimentais confirmaram a teoria de Einstein sem qualquer ambiguidade. Este comentário reflete muito bem a postura da comunidade científica da época, diante da proposta de Einstein. Entre 1905 e 1923, poucos foram os que levaram a sério sua teoria. Entre os céticos destaca-se o próprio Planck.

⁶ De maneira jocosa, pode-se dizer que se Planck é a mãe da mecânica quântica, Einstein, ao dar nome ao *reberto*, categoriza-se como o pai. Se o primeiro parteja o quantum, o segundo chama de fóton a sua expressão luminosa e exibe mais coragem ao assumir, de forma mais consistente e argumentada, a hipótese de Planck. Mas brigará com um pretenso segundo pai, Bohr, sobre os “encaminhamentos educacionais” da filha, ou seja, o que deveria ser a mecânica quântica quando crescesse. Há ainda quem defende ser De Broglie, o pai desta *bastarda*.

Niels Bohr, em 1913, aprimora o modelo atômico de Rutherford, ao utilizar as descrições quânticas da radiação eletromagnética sugeridas por Einstein e por Planck, para resolver seu problema de instabilidade perante os princípios do eletromagnetismo. Sua proposta de modelo para o átomo de hidrogênio, com órbitas estáveis, baseia-se em quatro postulados.

- 1) Os elétrons circundam o núcleo atômico em órbitas que têm níveis de energia quantizados e não são localizados nos espaços intervenientes;
- 2) A energia total (cinética mais potencial) do elétron não pode apresentar qualquer valor, mas sim, valores múltiplos de um quantum;
- 3) Quando ocorre o salto de um elétron entre órbitas, a energia emitida ou suprida por um simples quantum de luz (o fóton) é exatamente igual àquela da diferença entre as órbitas em questão (para o seu cálculo é usada a mesma fórmula de Planck).
- 4) As quantidades discretas de energia destas órbitas dependem do seu momento angular orbital, L , de acordo com a equação:

$$L = n \cdot \hbar = n \cdot \frac{h}{2\pi}$$

onde $n = 1, 2, 3, \dots$ é chamado de número quântico principal e h é a constante de Planck⁷.

O modelo de átomo de Bohr é considerado semi-clássico por agregar condições da quantização primitiva ajustadas a um tratamento de mecânica clássica. Não é uma descrição quântica completa do átomo. A regra 2 invalida as leis da mecânica clássica durante o salto quântico sem apresentar outras substitutivas. A regra 4 afirma a quantização do momento angular, mas não explica o motivo. No entanto, traz consigo o grande mérito de explicar as linhas espectrais, identificadoras dos elementos químicos.

O engano de Bohr ao propor mais um postulado, quanto a não conservação da energia na microfísica, é criticado por Einstein e abandonado após a solução dada por Compton, que resolve o problema.

⁷ Tudo que aqui é postulado emergirá como consequência espontânea da equação de Schrödinger, que virá à tona 14 anos mais tarde.

2.1.2.4 O Efeito Compton e a Onda de Matéria de De Broglie.

Arthur Compton, em 1923, através do espalhamento da radiação em interação com a matéria, confirma a proporcionalidade da sua energia com a frequência e ainda, o comportamento granular da luz. A energia do fóton, que parecia diminuída, pelo fato de apresentar depois da interação um comprimento de onda maior, está mantida quando considerada a conservação do momento, na totalidade do fenômeno – fóton mais elétron, antes e após o choque.

Louis De Broglie, em 1924, na transição entre a primeira e a segunda fases, sugeridas aqui, introduz mais um proposta inusitada, afirmando que tal como a luz, ou a radiação, o elétron e, por consequência, toda a matéria – noutra linguagem, bósons e férmions –, teria também comportamento dual de onda e partícula. Fez, inversamente, com a partícula, aquilo que Einstein fizera com a luz. Associou uma onda à partícula e usou o mesmo h de Planck no cálculo do seu momento:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

O que é esta fantástica coisa chamada de objeto quântico? Para desvendá-lo era necessário uma instrumentação matemática, tal como a mecânica newtoniana fizera com os objetos macros e com física dos céus. Ou tal como procedera o eletromagnetismo com os fenômenos da luz, da eletricidade e do magnetismo. Equações que se não traduziam de início conhecimento definitivo, impunham-se em decorrência da extraordinária utilidade ao favorecer pragmática parceria entre a humanidade e a natureza. Nestes mesmos moldes haveria uma equação para este enigmático mundo quântico? Se o casulo atômico fosse adentrado, tecnologias inovadoras seriam desdobradas? Tendo Planck aberto as portas do século com o promissor quantum de ação, que mudanças e novidades estariam reservadas para acontecer até o seu descerramento?

Este quinteto – Planck, Einstein, Bohr, Compton e De Broglie - laureado com o Nobel, ao desvelar o admirável mundo novo da física, suscitava nova teoria para dar conta destes singulares fenômenos do microcosmo. Todos, usando a mesma fundamental hipótese dos quanta, revelaram, através da solução dos difíceis casos abordados, um elenco precioso de sucesso, expostos, exuberantes, na vitrine da física. Mas o mundo já não era mais o mesmo: tornara-se

descontínuo e não-determinista, de inviável visualização espaço-temporal. O mundo anterior, formado de partículas e de campo, agora, sob olhar mais arguto, prontificara comportamento inusitado. O que se conhecia como partícula tinha comportamento de onda e o que se consagrara como onda tinha comportamento de partícula. Tudo parecia feito de uma única substância - a entidade quântica.

Foram necessários 25 anos, um quarto de século, para montar o palco e constituir este cenário. Uma nova teoria, que abrigasse toda esta estranheza, era requerida. Experimentos e matemática também não poderiam faltar para darem conta do trabalho que estava por ser feito.

2.1.3 Os Experimentos Quânticos e Suas Interpretações Apontam Para a Consciência.

Após exposição de sumária e parcial história da mecânica quântica, ocorrida na primeira quadra do século XX, serão pareados cinco didáticos experimentos⁸ que ilustram, com mais detalhes, a estranheza do seu fenômeno, servindo para elencar as principais questões que continuam a desafiar os físicos, pela carência de consenso quanto ao seu entendimento.

O objeto material clássico, focalizado e supostamente entendido pela física, pelo menos nas suas principais expressões, ao ser reduzido e conduzido para dentro das cercanias atômicas, esvaneceu-se. Suas extravagantes nuances, tão impróprias para aquela semente maciça de matéria, expectada pelo atomismo eminentemente materialista, fizeram despontar um novo mundo. Deixou de ser substância tão somente material. Se a teoria da relatividade, revelando a interconvertibilidade de matéria e energia, já dera passo significativo nesta direção, a radioatividade ainda mais contribuiu. Afirmaram aspecto assustador e poderoso daquela tão controversa idéia dos alquimistas medievais - a transmutação dos elementos químicos -, provando que a emissão de radiações imateriais, pelos núcleos dos átomos instáveis, colocava às mãos da nossa cultura prodigioso recurso energético. Matéria e não-matéria (ou radiação), num diálogo íntimo, tornaram cristalina a realidade incômoda das partículas elementares. O objeto clássico, despindo-se de sua máscara material, mostrou uma face oculta,

⁸ Os três primeiros contextualizam-se na primeira fase da revolução quântica, enquanto os outros dois acompanham a apresentação da segunda fase da revolução quântica.

revelada como desconhecido e intrigante objeto quântico, cujo domínio continua a desafiar.

Este objeto continuou desconcertando, fosse ele a luz, que como radiação eletromagnética expressava-se como corpúsculo (efeito fotoelétrico e efeito Compton), fosse ele o elétron, que como matéria exibia natureza ondulatória, segundo a formulação de De Broglie. Diferente do corpúsculo clássico, não exibiu trajetória definida, contínua, e não permitiu medição precisa e simultânea dos seus atributos dinâmicos, como posição e momento (velocidade). E, diferente da onda clássica, carregava consigo um pacote de energia, ao invés de uma única. A dualidade onda-partícula, como já comentada, e a incerteza das grandezas pareadas, que ainda será abordada, instalaram-se definitivamente, para confundir ou para esclarecer, nos subterrâneos da física.

Sabe-se que à onda, identificada como uma excitação de energia que vibra e se propaga no meio, de forma espalhada e contínua, estão reservadas propriedades de reflexão, refração e interferência, e à partícula, identificada como objeto inteiro e com massa, estão reservadas posição, velocidade e trajetória, bem definidas no espaço. São definições clássicas que, como visto, soam estranhas quando transpostas para funcionar simultaneamente neste único e complexo objeto, apresentável como um ente de identidade híbrida, matéria e energia, partícula e onda.

Se o telescópio de Galileu e o formalismo newtoniano retiraram aquele caprichoso véu, cultivado durante séculos pela tradição aristotélica-tomista, que teimava diferenciar dois mundos - um supralunar e outro sub-lunar – submetendo-os à regência de leis diferentes, a mecânica quântica, com poderosa lupa experimental e matemática, ousava reinstalar dois tipos distintos de mundo - um macro e outro micro - que pareciam funcionar sob estatutos próprios. Pelo menos na aparência, caso não se levantasse outro novo véu. Se pertinente tal raciocínio, é cabível interrogar se não será necessário, ainda, a suspensão de tantos outros véus a fim de que novas realidades exponham outras unificações imprescindíveis para que o cenário do conhecimento expanda-se rumo à sabedoria.

Junto com cada um dos experimentos, quatro interpretações básicas, analisado-os, remetem para nomes de destacados físicos que acrescentaram

contribuições importantes na construção da teoria quântica. Cômescio da minha pequenez diante deste quadro, ousou acrescentar sugestões paralelas na expectativa de oferecer alguma pertinente ideia, visando a ampliação deste singular debate.

2.1.3.1 Experimento-1: o Experimento da Dupla Fenda.

1o experimento: o experimento da dupla fenda, um correlato do efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, abrindo o cenário com o quantum de luz, já servira para introduzir a inequívoca duplicidade comportamental, assim como a indivisibilidade pontual desta partícula elementar. O experimento da dupla fenda, além de repetir tal peculiaridade, revela papel assaz intrigante para a subjetividade, propiciando uma primeira aproximação entre estes dois elementos, a princípio, tão distintos - o ente elementar, da física, com o ente mental, da conscientologia. Todo o rigor científico, pautado no critério da objetividade imparcial, não pôde prevalecer aqui com a mesma insupeitada pureza. Segundo Richard Feynman, formulador da premiada eletrodinâmica quântica, no experimento da dupla fenda está contido todo o mistério da física quântica. Nele, pois, além de repetidos o ineditismo da dualidade onda-partícula e a quantificação granular mínima do objeto quântico, insinua-se a indecorosa relação entre sujeito e objeto, na física.

Para a judiciosa apreciação destas duas peculiaridades – onda e partícula –, presentes no experimento da dupla fenda, é preciso lembrar o princípio de superposição, próprio da física ondulatória clássica, decorrente da soma construtiva de duas ondas que se propagam na mesma direção e sentido, quando se encontram em fase, e da soma destrutiva, quando estão deslocadas entre si na razão da metade do seu comprimento ($\lambda/2$). Este princípio responsabiliza-se pelo padrão de interferência, com as bandas claras e escuras, alternadamente dispostas na tela de projeção, como uma das características do fenômeno ondulatório.

No experimento da dupla fenda, se a fonte da luz for tênue, é possível observar a formação do padrão de interferência em telas fosforescentes ponto a ponto, correspondendo ao carimbo de cada fóton de modo localizado (fig. 2.1 – o ponto “R”). Adaptando-se o modelo deste experimento para o elétron, constata-se

mesmo resultado (fig. 2.2). Tal fenômeno acontece mesmo quando há emissão de um só fóton ou elétron por segundo ou até sob a direção de um intervalo de tempo maior. Isto levou Dirac afirmar, em 1930: “cada fóton portanto só interfere consigo mesmo” (PESSOA, 2003, p. 3). O que é isto - um fóton se divide e acaba interferindo consigo mesmo?! Mas o fóton não tem a propriedade de se dividir em duas ou mais sub-partículas. É estranho. Parece que Dirac está mais a sacar uma opinião do que fornecendo explicação.

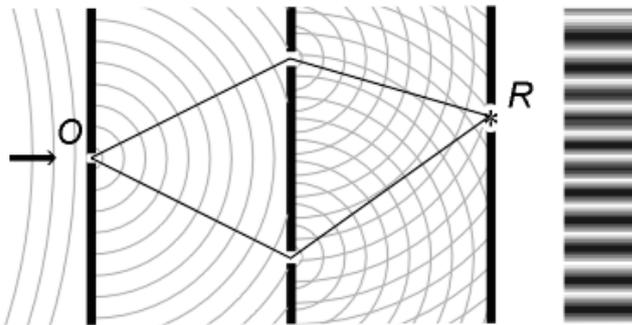
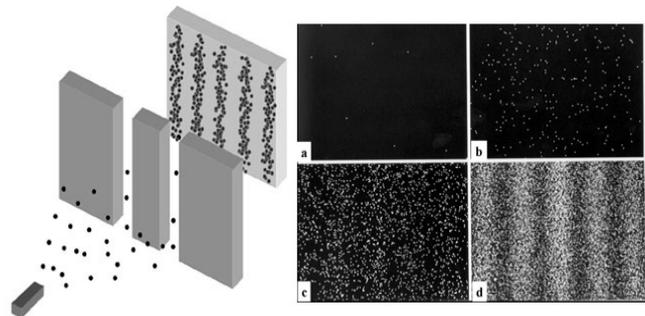


Fig. 2.1 – Experimento da dupla fenda para a radiação.
Apresentação esquemática de uma onda de luz atravessando primeiro uma fenda e, depois, duas, com o padrão de interferência projetado na extrema direita (PESSOA, 2003).

Fig. 2.2 – Experimento da dupla fenda para a matéria.
Apresentação esquemática de elétrons sendo emitidos por um canhão. Há também o padrão de interferência assinalado (PESSOA, 2003).



A realização, para qualquer objeto microscópico, de um experimento tipicamente ondulatório, identificado a partir da sua propriedade de produzir interferência, permite a discriminação de uma versão fraca da dualidade onda-partícula, em que a detecção deste objeto sempre se dá através de uma troca pontual e indivisível de um pacote mínimo de energia (PESSOA, 2003). A ênfase

desta versão indica que, por conta de um arranjo experimental específico, ocorrerá **a formação do padrão de interferência**, caracterizado pelo agrupamento de bandas vazias e cheias, cujas bandas cheias serão preenchidas pelo **carimbo do objeto quântico, ponto a ponto na tela**. Ou seja, este experimento da dupla fenda **parece** exibir simultaneamente **os dois fenômenos, o ondulatório e o corpuscular**. Associar a ele uma versão fraca da dualidade onda-partícula decorre do entendimento particular que a interpretação da complementaridade (Copenhagen) tem sobre este experimento, que exclui tal ambiguidade.

Por isto mesmo, evitando emplacar, a priori, uma explicação unívoca – já que correntes de pensamento interpretarão de forma própria e diferente – sobre a questão da dualidade onda-partícula, na descrição deste experimento, em vez de dizer que nesta interação o objeto quântico comporta-se como partícula é preferível afirmar a presença de um evento quântico pontual, também chamado de quantum.

No caso de se vedar uma das fendas neste experimento, as projeções pontuais individuais do quantum continuam presentes mas, no entanto, o padrão de interferência desaparece, sendo trocado por uma mancha mais ou menos central na tela. Tapar uma fenda, seria algo similar à intenção de conhecer por que fenda o objeto quântico passa. Para isto, um detector seria instalado numa das fendas e, se a outra fenda permanecesse aberta, o objeto quântico seria detectado no detector desta fenda “fechada” ou na tela. Para uma coletividade de objetos (fótons ou elétrons), a mancha pontual e central na tela marcaria o registro da sua passagem pela fenda aberta, sem detector. Este procedimento (uma só fenda) parece evidenciar o padrão corpuscular do objeto quântico.

Estes dois resultados, próprios deste experimento da dupla fenda (também considerado na sua variante, com uma das fendas fechada), serão explorados, de novo, nos experimentos vindouros. Mas antes disto, uma dedução imediata indica estar na dependência do experimentador a provocação de um ou de outro resultado. A tão decantada especial relação entre o experimentador e o objeto, na teoria quântica, que ressalta um lugar determinante para a influência da subjetividade no resultado do experimento, fica inicialmente pautada aqui.

Independente do magnífico formalismo matemático (conforme será demonstrado a posteriori) e do indiscutível sucesso pragmático produzido pela teoria quântica, não houve, ainda, unificação dos entendimentos propostos para conciliar a estrutura desta teoria com a realidade subjacente ao fenômeno. O formalismo acaba funcionando como o intérprete que promove o diálogo entre a teoria e o experimento ou o mundo, mas é impotente para gerar pleno entendimento entre as partes, ou seja, consenso nas interpretações.

Apesar de o formalismo quântico apresentar excelentes resultados (levando em conta sua natureza probabilística) quando confrontado pelas medições, ele não explica estranhezas como a possível incoerência veiculada pela dualidade onda-partícula. Nem é função sua. Quem deve solucionar tais problemas são os físicos e os filósofos da ciência. Na falta de consenso, tais explicações permanecem nas adjacências da teoria como interpretações, aguardando novidade favorável dos fatos para serem incorporadas à oficialidade quântica. Mas para se integrarem à categoria de interpretação provisória não basta serem opiniões. Além de argumentos consistentes, as explicações precisam estar coerentes com problemas propostos pela teoria. Ao longo da história, vários experimentos mentais funcionaram como balizadores destas interpretações.

Não obstante existirem muitas interpretações diferentes, associadas à teoria quântica, serão utilizadas aqui, quatro interpretações básicas, propostas por Pessoa Junior, que justifica tal classificação como um resumo daquelas que estão presentes no clássico livro de Max Jammer - *The Philosophy of Quantum Mechanics*, onde há uma exposição extensa sobre a história da mecânica quântica (JAMMER, 1974apudPESSOA, 2003, p. 5).

Se, por excelência, o experimento da dupla fenda, abordando a questão da dualidade onda-partícula, traz à tona o problema da dupla identidade para o ente quântico, como é que os físicos encararam esta situação? Há incoerência na manifestação simultânea desta dupla identidade do quantum? Se não há incoerência, qual é a sua justificativa? A explicação desta questão está na dependência de saber o que é o objeto quântico?

A Interpretação Ondulatória (IQ-1)⁹. Patrocinada por Schrödinger, sob o entendimento de que o objeto quântico é uma onda, e por Von Neumann, que introduz o enfoque de colapso de onda, esta interpretação exclui a suposta contradição da leitura onda-partícula, porque antes da detecção o quantum é uma onda espalhada e na detecção torna-se um pacote bem estreito, **parecendo** uma partícula. Não há contradição porque nesta interpretação realista, o objeto quântico é **somente** onda. E se há partícula, esta somente aparece na interação pontual com a tela, portanto, não simultaneamente.

Schrödinger teve papel fundamental na estruturação do formalismo quântico, cuja equação principal, que descreve uma função de onda, leva o seu nome. Von Neumann contribuiu matematicamente para que a mecânica quântica fosse representada pelos operadores hermiteanos no espaço de Hilbert, na intenção de encontrar uma nova teoria mais poderosa e fundamental que as outras duas – a mecânica ondulatória de Schrödinger e a mecânica matricial de Heisenberg (que serão comentadas mais à frente).

A Interpretação Corpuscular (IQ-2). Defendida por Alfred Landé e Leslie Ballentine, oposta à primeira, concebe o ente quântico como partícula, verificada na detecção. Explica o padrão de interferência como resultado da interação entre a partícula e o anteparo cristalino das duas fendas - ondas seriam produzidas neste choque. Não há contradição porque o objeto quântico é apenas partícula, seja ele, elétron ou fóton, não existindo onda associada a ele. Esta concepção é entendida como epistêmica, por considerar real somente o que é manifesto e mensurado, reservando à onda apenas valor formal, matemático, diferente da Interpretação Ondulatória, que admite realidade para a função de onda.

A Interpretação Dualista Realista (IQ-3). Formulada por De Broglie na ocasião da elaboração da sua hipótese sobre a existência de uma onda-piloto associada ao elétron e, mais tarde, adotada por David Bohm, divide o objeto quântico em duas partes. Uma que é partícula, com trajetória bem definida mas desconhecida, e outra, que é onda. Explica o aspecto probabilístico da teoria vinculado à amplitude desta onda. Quando as ondas se cancelam não há

⁹ IQ – como abreviatura de Interpretação Quântica, será usado aqui, servindo para enumerar as quatro interpretações básicas da teoria quântica.

partícula. Não há contradição neste experimento porque o objeto é concebido não como uno, mas duplo. Uma parte dele é **só** partícula, e a outra **só** onda.

Bohm divide sua participação na construção da teoria quântica em duas fases. Na primeira, foi adepto da Interpretação da Complementaridade, e mais tarde, após elaborações advindas de conversas com Einstein, fez formulações que contribuíram para defender a IQ-3.

A Interpretação da Complementaridade (IQ-4). Capitaneada por Bohr, ficou conhecida como Interpretação de Copenhague. Encorpa-se através de um conceito próprio, o qual assegura a **condição de fenômeno corpuscular à dependência do conhecimento da trajetória pretérita do objeto quântico**, sendo muito útil para justificar sua interpretação no caso do experimento da dupla fenda. Explicando: como não se conhece a trajetória do objeto quântico antes do seu impacto na tela, **o fenômeno é classificado como ondulatório**, apoiado também pelo padrão de interferência detectado nas bandas alternadas. Assim, não há contradição porque não há manifestação simultânea do fenômeno ondulatório e corpuscular. O que poderia ser entendido como corpuscular é tão somente interação pontual, consequência da troca de pacotes de energia individualizados, próprios do postulado quântico, que institui a descontinuidade essencial para todo processo atômico. Já que a classificação do objeto quântico, como partícula ou onda, fica restrito à manifestação, esta interpretação é entendida como epistêmica. Ela se nega a comentar o que é o objeto quântico antes da sua medição, quando é impossível afirmar a natureza do seu comportamento - se ondulatório ou corpuscular.

Tal interpretação, apoiando-se no postulado quântico, aponta para esta versão da dualidade onda-partícula, denominada de fraca por se recusar conceber comportamento dual no experimento da dupla fenda. Entende o fenômeno como consequência do comportamento ondulatório do objeto quântico, sustentado pelo postulado quântico.

No caso deste fenômeno, o registro da incidência do fóton na tela decorre da sua interação com o elétron (constituente do átomo de fósforo, material do qual a tela é feita), que assimilando sua energia realiza um salto quântico de orbital, ionizando o átomo. A descontinuidade essencial está aí presente neste salto

quântico, resultado da troca dos quanta de energia, entre o fóton e o elétron. Tanto a discretização da energia – o quantum – como a massa do elétron apontam para uma realidade granular, descontínua, na natureza.

Apesar de certa oficialidade para a interpretação de Copenhagen, há discordâncias importantes entre os seus adeptos, como Heisenberg, Born, Pauli e Jordan. Algumas destas particularidades serão esclarecidas na seqüência deste trabalho.

As quatro interpretações foram unânimes em atribuir qualquer contradição a respeito da manifestação dual do objeto quântico, no experimento da dupla fenda, a um enfoque rápido e errôneo do fenômeno. Cada uma, ao seu modo, afastou a suspeitada incoerência baseando-se em concepção própria sobre o conceito do objeto quântico. Resumidamente, a primeira, realista, considerou o quantum, fóton ou elétron, como onda, antes da detecção. A segunda, epistêmica, como partícula, durante a medição. A terceira, dual e realista, onda associada à partícula. Na propagação, as duas, na detecção, partícula. E a quarta, epistêmica, ora um, ora outro; ora partícula, ora onda, mas se atendo ao seu comportamento clássico. Ou seja, não houve resposta unânime sobre o que é o objeto quântico. Pode-se dizer que a diversidade de respostas implica numa ignorância sobre sua natureza.

A Interpretação Informacional (IQ-5). Se para a IQ-1 o objeto quântico é onda; para a IQ-2, partícula; para a IQ-3, dual, parte é onda **E** parte é partícula; para a IQ-4, onda-**OU**-partícula; então, sua definição, versando sobre esta dualidade, parecem mais afeitos ao seu comportamento do que à sua natureza. À guisa de hipótese de trabalho, proponho uma quinta interpretação que, utilizando ainda esta dualidade como referência, aponta para aquilo que seria evidente e faltante nas quatro: a este objeto cabe a dupla negativa - **nem onda, nem partícula**. Este entendimento baseia-se na intenção de ir para além do seu comportamento. Se é nem um nem outro, o que este objeto quântico é? Minha hipótese: informação. Daí cunhar esta interpretação com o nome de *informacional*. Outros detalhes sobre a defesa desta interpretação serão adicionados junto aos próximos experimentos.

Uma das justificativas desta interpretação, que conceitua o objeto quântico para além da referência onda-partícula, repousa na diferença entre ontologia e comportamento. Ser não significa comportar-se, embora tantas vezes comportamento pode oferecer informações sobre a natureza de uma entidade. Ilustrando com uma situação prosaica, em ocasião solene um cidadão usa paramentos distintos daqueles vestidos em circunstância informal. Nenhum dos dois trajes está dizendo, a rigor, quem aquela pessoa é, mas apenas sobre sua capacidade de adaptação à necessidade de cada ambiente. Portanto, seguindo tal critério, os dois comportamentos não esclarecem a natureza do objeto quântico. Para sustentar que a ontologia do objeto quântico é informacional enquanto o seu comportamento é dual, outras considerações são imprescindíveis e, quiçá, singulares e complexos experimentos também.

Sob o viés daquelas escolas presentes na filosofia da ciência, parece que o fenômeno quântico é melhor abordado, pelo menos por enquanto, através do realismo e do positivismo (ou, do neopositivismo). Este, por conta da sua vertente, eminentemente epistêmica. Estas duas correntes se confrontaram no advento da descoberta do átomo, e parece não fazerem outra coisa, quando a polêmica se deslocou para a identidade do objeto quântico. O enfoque epistêmico defende que conhecimento viável para o ente quântico é aquele oferecido pelo formalismo matemático, valorizável porque, vinculado ao experimento (à base empírica), transforma-se em tecnologia pragmática. Mas, caberia à teoria, pelo menos sob o enfoque realista, explicar o experimento, incluindo alusões ao objeto quântico livre, abordadas pelo formalismo. Como a teoria quântica não oferece argumentos completamente satisfatórios para este objetivo, surgem as interpretações, inclusive aquela que diz não caber interpretações realistas (as que pretendem conferir ao objeto quântico uma ontologia cognoscível) porque, ou o ente quântico não existe (fisicamente) ou sua existência é inacessível à física. Inacessível à física não quer dizer inacessível ao conhecimento – é preciso ressaltar.

Ampliando o questionamento, usando ainda o experimento da dupla fenda, esta terceira pergunta (*primeiro*, se há incoerência na manifestação dual, onda-partícula? *Segundo*, o que é o objeto quântico?) explora mais especificamente o significado da inusitada relação sujeito-objeto. Qual o significado da perda da objetividade ou da entrada de um subjetivismo nos experimentos? Primeiro, talvez

caiba esclarecer se há mesmo perda da objetividade, no experimento, com a intervenção humana. Simplificadamente, parece que a ingerência humana apenas constrói dois arranjos diferentes e ao escolher um deles propicia interações distintas do objeto quântico com o aparelho, que acabam por demonstrar a versatilidade de expressão do objeto quântico. Se houver condições para que esta interação propicie o fenômeno ondulatório, como no caso da dupla fenda (com exceção do entendimento da IQ-2 que o entende como demonstração do comportamento corpuscular), ele se comporta como onda. Se uma fenda for vedada o objeto quântico reage, alterando seu comportamento para corpuscular.

Pode se dizer também que os dois comportamentos do objeto acontecem espontaneamente, em decorrência de interações fortuitas, de acordo com aquilo que um fóton ou um elétron encontra pela frente, na sua propagação. Seu comportamento ondulatório ou corpuscular seria intrínseco à natureza, independente da ação humana. Então, neste tipo de fenômeno, o da dupla fenda, a escolha do experimentador teria apenas o poder de modular este comportamento para um lado ou para outro (embora isto não seja pouco quanto uma leitura mais apressada argumentará). Neste caso, em que há interação entre a *escolha* humana e a “escolha” do objeto quântico, estaria embutido algum princípio comum, compartilhado entre o experimentador e a substância quântica, embora com distinção de grau, responsável por “ações” diferenciadas, de acordo com o nível de expressão? Refiro-me a um princípio volitivo, animando uma proto-volição do objeto quântico para respostas restritivamente binárias, próprias deste nível, e animando também a aposição da vontade pessoal do experimentador, num nível acima. Neste nível superior, próprio da condição humana, há indicações de que a sua faculdade de escolher lhe permite uma adição de vontade sobre um conjunto que é resultado do somatório de vários níveis abaixo, responsáveis pela construção da complexa estrutura física e mental do indivíduo. Pode parecer que nesta disposição apresentada, o objeto quântico não dispõe da verdadeira condição de escolher porque reagirá de uma ou de outra forma de acordo com o arranjo de interação que ele encontrar à sua frente. No entanto, isto pode ser a expressão mais elementar do princípio volitivo, que ele carrega na sua essência informacional. Amplia-se na medida que o objeto passa de simples a composto. No debate com Penrose, em 1995, por ocasião do lançamento do seu

livro *Shadows of the Mind*, Abner Shimony defende ideia similar (PENROSE, 1998).

Um raciocínio determinista certamente defenderia que a conjectura sobre uma função volitiva para o objeto quântico apenas se sustenta enquanto não se conhece as forças e leis físicas que participam da intimidade do fenômeno. Por outro lado, neste enfoque anímico e não-determinista, o objeto não se configura como um ente eminentemente físico, senão como portador de uma essência que carrega a protomente. Shimony cita a filosofia da natureza de Whitehead para mostrar que este autor, precedido pela monodologia de Leibniz, também defende uma ontologia mentalista para as entidades mais elementares, denominadas de *ocasiões atuais*, que apresentam características associadas à experiência humana similar de nível mais alto. Esta filosofia configura-se como uma solução contra a bifurcação na natureza entre o mundo sem mente e a mente da consciência de alto nível (SHIMONY, 1996apubPENROSE, 1998).

A esquisitice deste padrão ondulatório de interferência, que sugere fonte ondulatória, é a sua construção pontual, através da interação individual por meio de um pacote mínimo de energia, protagonizada por várias *quanta*. A primeira parte induziu Dirac à proposta do elétron ou do fóton como onda que interferisse consigo mesmo. Acompanhando a Interpretação Ondulatória são inevitáveis certos desdobramentos ontológicos sobre o ente quântico livre. Esta concepção conjectura sobre sua existência, como onda vigendo noutra tipo de espaço, antes da interação própria da medição. Associando esta realidade com a hipótese da IQ-5 (Informacional), como seria a entidade quântica, habitante desta dimensão? Pura ideia? Pura informação?

A partir desta hipótese, proponho uma classificação que vise quantificar o grau de consciência e de participação humana no fenômeno. Acrescento, um conceito, por ora simples, de consciência como a faculdade psíquica de conhecer o que acontece no seu meio ambiente (no caso, o fenômeno quântico) e em si mesmo. Então, nesta classificação leva-se em conta: 1) a consciência sobre o fenômeno quântico (sim ou não); 2) participação no fenômeno quântico (passiva – não ou ativa – sim); 3) que tipo de participação (classificadora ou construtiva ou criativa e, ainda, indica o grau da participação subjetiva no fenômeno quântico).

Grau I – consciência ausente; participação passiva: espectador indiferente. Ele nada sabe sobre o fenômeno e não tem qualquer participação direta sobre os acontecimentos, que acontecem alheios à sua consciência e vontade, por ignorância ou indiferença.

Grau II – consciência presente e cognitiva; participação passiva e classificatória: espectador esperto. Apesar de o fenômeno acontecer à sua revelia, ele usa seu conhecimento para classificar o fenômeno, como corpuscular ou ondulatório. Ele conhece o que acontece.

Grau III – consciência presente e cognitiva; participação ativa e construtiva: espectador sofisticado. O conhecimento específico que possui capacita-o a provocar uma das alternativas de manifestação do fenômeno, de acordo com a versatilidade do objeto e da sua escolha.

Grau IV – consciência presente e cognitiva; participação ativa e criativa: espectador demiúrgico. O conhecimento específico que possui capacita-o, assistindo ou provocando o fenômeno, a transformar o fato em notícia, desde que haja uma ação consciente que faça notícia para outro sujeito.

grau de subjetividade	consciência do fenômeno quântico	participação no fenômeno quântico	tipo de participação	observador
I	não	passiva	nenhuma	indiferente
II	sim	passiva	classificatória	esperto
III	sim	ativa	construtiva	sofisticado
IV	sim	ativa	criativa	demiúrgico

Tabela 2.1 – Quadro do grau de subjetividade do experimentador para o fenômeno quântico

A versatilidade do objeto quântico para produzir o fenômeno ondulatório ou corpuscular pode ser entendida como algo que lhe é inerente ou como decorrência do tipo de interação produzida entre ele e outro objeto – o instrumento ou aparelho de investigação – encontrado ou disposto no campo da sua propagação. No enfoque realista o seu resultado poderia ser determinado a priori como consequência da natureza destes objetos.

O observador do tipo I, indiferente, nada sabe deste fato.

Se há um observador do tipo II, realista, ele classifica o que assiste acontecer. Mas o tipo de conhecimento que pensa possuir sobre a natureza lhe permite inferir que apesar de parecer haver no objeto algum tipo de versatilidade, se fosse observada a estrutura fina do fenômeno, seu resultado seria previsível mesmo antes da mensuração.

O conhecimento do observador realista do tipo III fornece-lhe a perspicácia de usar esta aparente versatilidade da natureza para produzir o resultado do fenômeno favorável ao seu interesse.

O que lhe confere esta condição de observador realista é o tipo de compreensão que ele possui da natureza, do fenômeno e de si mesmo. Isto porque se ele for bafejado por outro tipo de compreensão, com esta ele poderá ser um observador idealista do tipo II, do tipo III ou do IV. O diferencial embutido nesta compreensão lhe propicia, classificando ou interferindo na natureza, ser um criador da realidade, por usar o seu conhecimento (a consciência) para transformar o fato em notícia existente. O que é feito, de maneira intencional ou não, na sua interação com outro sujeito. Nesta concepção o fato por si não existe, mas sim a notícia, que somente existe se há um noticiador e um noticiado, um fato entre dois sujeitos cognoscentes.

Buscando mais esclarecimento sobre as questões que foram postas para este experimento, como a ontologia do objeto quântico e sua trajetória, monta-se o experimento ondulatório do fóton único, no interferômetro de Mach-Zehnder, que poderia ser entendido como uma modalidade do experimento da dupla fenda, próprio para considerações sobre a trajetória do objeto quântico.

Perguntas relacionadas com o experimento-1:

- 1) Há inconsistência no comportamento dual, como onda e partícula, do objeto quântico, no experimento-1 (o experimento da dupla fenda)?
- 2) O que é o objeto quântico?
- 3) Qual é o significado do diferenciado padrão de interferência do fenômeno quântico?

4) Qual é o significado da interferência humana ao escolher um arranjo experimental na produção de um dos comportamentos possíveis do objeto quântico?

2.1.3.2 Experimento-2: O Experimento Ondulatório do Fóton Único (no interferômetro de Mach-Zehnder).

Construído em torno de 1892 para experimentos clássicos, o interferômetro de Mach-Zehnder (fig. 2.3) adapta-se ao estudo dos fenômenos quânticos, inclusive para condições especiais como aquela em que se usa a propagação de um único fóton. Guarda elementos comuns com o experimento da dupla fenda. No interferômetro é possível fazer arranjos diversos, combinando espelhos semi-refletores com espelhos de reflexão total, de modo a suceder, ou não, registro de superposições de ondas, no detector (potenciômetro). No primeiro caso, quando há superposições construtivas e destrutivas, equivale ao experimento da dupla fenda. No segundo caso, quando estas superposições não estão presentes, equivale ao fechamento de uma das fendas do experimento da dupla fenda.

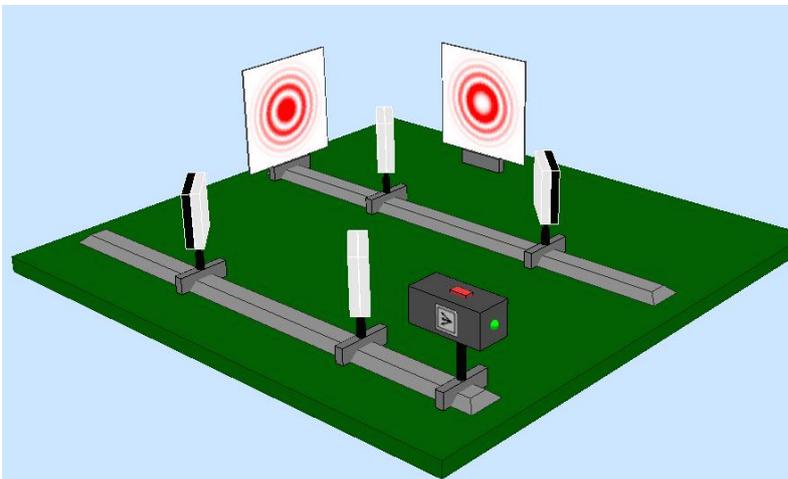


Fig. 2.3 – Interferômetro de Mach-Zehnde.

Onde ocorrem padrões de interferência, em decorrência de superposições construtivas e destrutivas (PESSOA, 2003).

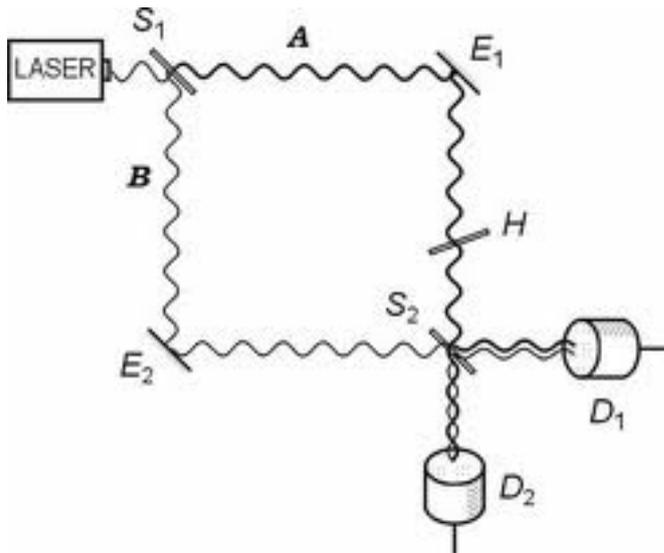


Fig. 2.4 – Interferômetro de Mach-Zehnder (esquemático) (PESSOA, 2003).

Um canhão de luz emite feixe inicial que ao passar por um espelho semi-refletor S_1 *divide-se* (não no sentido excludente, mas de prosseguir presente nos dois trajetos) em dois componentes: um transmitido (A) e um refletido (B). Na seqüência, o componente A reflete no espelho E_1 enquanto o componente B, no espelho E_2 , e voltam a se combinar no espelho semi-refletor S_2 , rumando a seguir para os detectores D_1 e D_2 , que recolherão suas superposições construtivas e destrutivas, de acordo com o esquema apresentado na figura 2.4. Os espelhos E_1 e E_2 são de reflexão total.

O resultado mostra que 100% dos fótons, com mesma intensidade (amplitude) daqueles que estavam presentes no feixe inicial, são detectados no D_1 . Isto é decorrência de uma superposição construtiva em D_1 dos dois componentes A e B, que por sua vez fazem uma superposição destrutiva em D_2 . Um deslocamento de fase do componente B, durante a reflexão no S_1 , favorece tal resultado, de acordo com a Física Ondulatória clássica.

Adaptando-se o interferômetro de Mach-Zehnder para o fluxo de único fóton, advém pergunta similar àquela pertinente ao experimento da dupla fenda: por que fenda o objeto quântico passou? E aqui: por qual das duas trajetória o fóton seguiu? Após ele tocar o S_1 , mas antes de alcançar S_2 , em que trajetória ele se encontra? Em A ou em B? Não é difícil deduzir que o resultado que acusa 100% de presença do fóton no D_1 seja produto do experimento do fóton único

repetidas vezes (não seria adequado falar em probabilidade, se o experimento de fóton único acontecesse uma única vez).

Para demonstrar que, em tese, o fóton está seguindo as duas trajetórias, ou melhor dizendo, que lhe é facultado isto, já que se ele estivesse presente apenas numa delas o resultado seria diferente, lança-se um fóton único sem a presença do espelho S1. Por suspender a reflexão neste ponto, desaparece o componente B. Ele segue linearmente por A. O fenômeno próprio de transmissão e de reflexão do S1 fica adiado para o S2 e, assim, repetindo o envio de fótons pela trajetória A, 50% serão detectado no D1 e 50%, no D2. As superposições construtivas e destrutivas no S2, responsáveis pelo seu aparecimento apenas no D1, caso houvesse o S1, são eliminadas. Resultado similar acontece retirando-se a componente A, através da substituição do espelho semi-refletor S1 por um de reflexão total E0.

A variante desta experiência acima, através da retirada ou substituição do espelho S1, serve para mostrar que no experimento original, apesar dele poder ir por uma ou por outra trajetória, não se pode afirmar que o fóton único dirigiu-se por uma das trajetórias, porque se assim fosse, ao chegar no espelho S2, vindo ou de A ou de B, ele ali ou se transmitiria ou se refletiria, provocando sua detecção também em D2 - para uma coleção deles, 50% em D1 e 50% em D2. Este resultado não ocorre. Sua presença é constatada 100% em D1. Logo, conclui-se pela inexistência de uma trajetória individual para o fóton, neste caso. Tendo as duas para seguir, **ele não segue qualquer uma delas isoladamente**. Sabe-se que o espelho S1 provoca um atraso na onda fletida e esta diferença de fase entre o componente B e o componente A é o responsável pela interferência temporal em S2, caracterizando o fenômeno como ondulatório (ou, pelo menos acusando a presença do padrão de interferência) e se responsabilizando pelo resultado obtido¹⁰.

A questão de esclarecer sua trajetória já se impusera no experimento da dupla fenda, em decorrência da admissão dele ter se arremessado sobre a placa fosforescente, pontualmente como partícula. Sendo assim, no caso dele já ser

¹⁰ Enquanto neste experimento a interferência se deve a um fator temporal, no caso do experimento da dupla fenda, o fator responsável pela produção da interferência é espacial.

partícula antes do choque, qual teria sido o seu trajeto? Transpondo a indagação para o interferômetro de Mach-Zehnder, num experimento similar, tendo ele sido detectado como partícula em D1 ou em D2, qual teria sido a sua trajetória? A ou B?

O experimento-2 não ajuda esclarecer nem a pergunta sobre a trajetória do fóton, nem oferece novos dados para esclarecer sua ontologia. Como as já citadas interpretações encaram o resultado deste experimento?

Interpretação Ondulatória (IQ-1). Porque admitir o fóton num dos caminhos é incompatível com os fatos empíricos, a Interpretação Ondulatória precisou conceber uma divisão do fóton em dois “meio-fótons” com recombinação posterior destes pacotes de ondas, em S2. Mas isto é inconsistente, porque experimentos¹¹ adequados descartam a divisão de um fóton em dois.

Interpretação Corpuscular (IQ-2). Escorrega ao lidar com fenômenos ondulatórios, como no caso presente. Tenta explicar a produção de um padrão de interferência pela partícula, cogitando abalos na estrutura cristalina dos constituintes do aparelho com que o objeto quântico interage. Seria similar ao que acontece com o elétron, quando este difrata numa estrutura similar? Mas se o fóton se comportasse como partícula neste experimento, ele deveria seguir por uma das duas trajetórias bem definidas, e sua detecção deveria ser 50% em cada um dos dois detectores. Uma saída para esta interpretação seria a de recorrer a argumentos de uma lógica que não opera classicamente com os conectivos.

Interpretação Dualista Realista (IQ-3). Mostra coerência ao admitir a divisão do objeto quântico em dois, partícula e onda, mas se a onda também se divide em duas para justificar as superposições construtivas e destrutivas coerentes com o resultado do experimento, então, padece do mesmo problema da IQ-1, Ondulatória. Nesta interpretação (IQ-3), o elemento corpuscular seguiria com uma das ondas e sensibilizaria o D1, enquanto a onda vazia de partícula, passaria em “silêncio” por D2.

¹¹ Na variante deste experimento, quando se coloca detectores no lugar de E1 e de E2, mesmo que estes tenham a sensibilidade para detectar fótons com a metade da energia do fóton deste experimento, esta detecção não acontece. Ocorre a detecção isolada de um fóton, com a sua energia inicial, em D1 ou em D2.

Interpretação da Complementaridade (IQ-4). A coerência desta interpretação sustenta-se na concepção conceitual exclusivista e clássica do fenômeno: ele é ondulatório **ou** ele é corpuscular, nunca os dois simultaneamente. Como afirma ser este um fenômeno ondulatório, não é do seu propósito descobrir o percurso do fóton. A pergunta carece de sentido para esta interpretação.

A excelência da informação veiculada pelo experimento-2 indica que, além de não ser permitido ao fóton presença em uma única da trajetória, ele tem de estar nas duas, simultaneamente, e ainda combinar consigo a fim de, através das superposições construtivas e destrutivas, justificar 100% de sua detecção num dos detectores, demonstrando, ali, um padrão de interferência. Portanto, é tarefa difícil tentar responder por que trajetória passou o fóton. Das quatro respostas, aquela que apresenta maior coerência é a quarta, a Interpretação da Complementaridade, que se nega a responder pois, de acordo com a sua concepção o fenômeno é ondulatório exatamente por não ter o objeto quântico qualquer trajetória definida. Logo, torna-se improcedente a busca de trajetória. A IQ-1, Ondulatória, sugere que “meia-onda” passou por cada uma das duas trajetórias, mas o “meio-fóton” da resposta não é justificável empiricamente. A IQ-2, Corpuscular, propõe que o fóton escolhe uma das trajetórias, o que é incompatível com o resultado do experimento, e ainda explica mal a interferência. A IQ-3, Dualista Realista, padece de problema similar ao da IQ-1 – a onda se divide em duas, cada uma rumando por uma das trajetórias, só que o fóton acompanharia apenas uma das ondas, enquanto a outra estaria vazia dele. No S2, ele escolheria seguir com uma das ondas, para D1.

Interpretação Informacional (IQ-5). O que de novidade sugere a Interpretação Informacional? Diferente da IQ-4, da Complementaridade, e da IQ-2, Corpuscular, que não se comprometem com alusões sobre a ontologia do objeto quântico, mas semelhante à IQ-1, Ondulatória, e à IQ-3, Realista Dualista, que buscam uma realidade para ele, a IQ-5, Informacional, afirma também uma realidade, que por mais estranho pareça, é a de um espaço virtual, onde vige a combinação das ondas informacionais. Estas ondas, combinando-se, guardariam a potencialidade de fazer jorrar na nossa realidade espaço-temporal um objeto que, classicamente, pode ser classificado como partícula ou como onda. Logo,

nesta condição preliminar, o objeto quântico traz consigo a ambivalência de manifestação ou de identidade, o que em consonância com uma *lógica quântica*, operadora desta dimensão, não significaria inconsistência. Quando a onda informacional encontra e interage com qualquer objeto, mas sem colapso, isto é, sem perda da coerência, ela carreará consigo a informação desta interação para se “somar” à próxima, até se transformar naquilo que consideramos ser um evento real. Tomar este espaço formal - a que alude a IQ-1, Ondulatória - como realidade se deve ao entendimento que, por enquanto, a única forma de abordar esta realidade é matemática.

Ilustrando o comportamento da entidade quântica de acordo com a compreensão da IQ-5, Informacional, através do experimento do fóton único, no interferômetro de Mach-Zehnder: ao interagir com o espelho S1 há ali uma realidade macro – o espelho - que faculta ao fóton, tanto a transmissão quanto a reflexão. Então, o objeto quântico, ou onda informacional nesta interpretação, segue não apenas pelas duas trajetórias, mas por todas as trajetórias retilíneas possíveis a partir daquele ponto, atinentes à propagação de uma partícula, em qualquer direção e sentido, o que equivale a dizer que isto corresponde à propagação de duas ondas esféricas também a partir daquele ponto do espelho, que funciona como um centro geométrico, com a diferença de fase para as duas ondas, em decorrência de uma delas ter sofrido um retardo pela reflexão especular. Tudo isto num espaço virtual (especial) que contém e se relaciona com este espaço físico, ponto a ponto – aliás, o ponto é, a rigor, um ente deste espaço virtual e não do espaço físico real. É preciso dizer que estas duas ondas **são duas**, entrelaçadas ou emaranhadas, com uma diferença de fase, mas também são a mesma, de forma que tudo que acontecer a uma acontecerá a outra, por terem a mesma central gerencial ou informacional. Na próxima interação, seja no E1, seja no E2, o fenômeno físico possível ali é de reflexão para as duas ondas informacionais. E na próxima interação, no S2, o fenômeno físico factível é o da superposição construtiva e destrutiva, produzindo como resultado final a sensibilização do D1 apenas. Este resultado indica ter acontecido o fenômeno de superposição no S2, facultando a interpretação de que ali chegaram duas ondas, e que o objeto quântico era, então, onda. No entanto, se os dois detectores, D1 e D2, fossem deslocados para o lugar do E1 e do E2, a segunda interação daquelas

duas ondas (ou única onda) seria o “fim de linha” para elas, já que isto obrigaria a sua drenagem para este mundo real, e no caso, como partícula, ou seja, uma marca pontual ou um “clic” no potenciômetro (sem padrão de interferência). Seria interpretado como um fenômeno corpuscular, de acordo com IQ-4, da Complementaridade, já que sua trajetória poderia ser bem definida - A para D1, e B para D2. Para uma coletividade de fótons o resultado estatístico seria de 50% para cada detector. O que definiria a sua detecção individual em D1 ou em D2, seriam os fenômenos atômicos próprios da interação do fóton com o elétron da matéria do espelho, regida por comandos informacionais presentes nos dois objetos quânticos. Assim que uma das ondas pareadas fizesse sua interação, o seu colapso num espelho impediria a manifestação da outra num outro lugar, já que são uma única onda.

Pergunta relacionada com o experimento-2:

1) Qual é a trajetória do objeto quântico (fóton)?

2.1.3.3 Experimento-3: O Experimento da Escolha Demorada – Uma Variante do Experimento-2.

Interferômetro de Mach-Zehnder só com S1 (o S2 é retirado, depois do fóton ter passado pelo S1). Com este procedimento não há mais superposições construtivas e destrutivas de ondas no S2, transformando o fenômeno ondulatório, do experimento-2, em fenômeno corpuscular, neste experimento-3. Pelo menos, assim entendido, segundo a “mais oficial” das interpretações, a da complementaridade. No sentido de transformar um fenômeno ondulatório em corpuscular, a alteração do experimento-2 em experimento-3 é similar a tapar uma das fendas no experimento da dupla fenda.

A diferença entre o experimento 2 e o 3 diz respeito à presença do espelho semi-refletor S2, que está ausente no experimento atual. Porém, com uma sofisticação: a decisão de retirar este espelho acontece após a travessia/reflexão do quantum no espelho semi-refletor S1. Por isto, esta versão do experimento no interferômetro de Mach-Zehnder é chamada de *escolha demorada*. Sem o espelho S2, o fenômeno torna-se corpuscular (na descrição da complementaridade). Tecnicamente, esta decisão de tirar o espelho pode ser feita até 5 nanosegundos depois dele passar o S1. A demarcação de cinco registros

diferentes de tempo favorece a argumentação em torno da experiência: t_1 , no contato com S_1 ; t_2 , após a travessia ou reflexão do S_1 ; t_3 , 5 nanossegundos após ele entrar no interferômetro, prestes a interagir com S_2 ; t_4 , após passar por S_2 ; t_5 , quando se dá o registro do fóton no aparelho, no caso um osciloscópio (fig. 2.5).

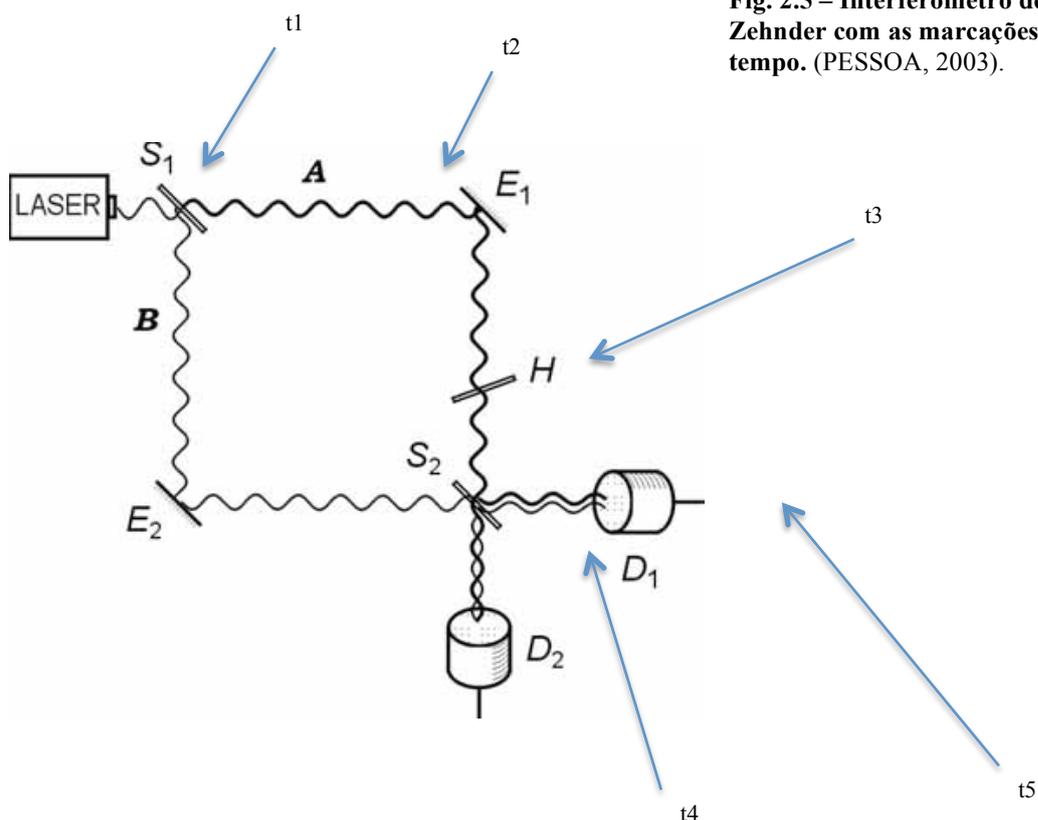


Fig. 2.5 – Interferômetro de Mach-Zehnder com as marcações de tempo. (PESSOA, 2003).

A peculiaridade deste experimento recai no t_2 , tempo que indica que o fóton já atravessou o espelho semi-refletor, S_1 , mas ainda não alcançou o segundo espelho semi-refletor, S_2 . Neste intervalo de tempo (entre t_2 e t_3), o observador decidirá se mantém o espelho S_2 . Se este espelho for mantido, o fenômeno será ondulatório. Se retirado, o fenômeno será corpuscular. A questão crucial é: se o fenômeno é corpuscular, para a Interpretação da Complementaridade o fóton precisa seguir trajetória individualizada, algo que já deveria estar ocorrendo em t_2 . Mas se o fenômeno é ondulatório, ele se encontra nas duas trajetórias com uma diferença de fases entre as trajetórias B e A, apto para completar o fenômeno ondulatório, através de superposições construtivas e

destrutivas, caso o S2 esteja no seu lugar apropriado. Se questionada qual é a natureza do fóton, neste momento (t_2), esta Interpretação se cala. Por outro lado, caso o S2 seja retirado, o fenômeno se concluirá como corpuscular, e somente então, esta concepção considera-se com autoridade suficiente para se pronunciar sobre a condição do fóton em t_2 , como se houvesse uma atualização do passado no presente.

Interpretação da Complementaridade (IQ-4), segundo Bohr. Há uma diferença entre dois pensadores da complementaridade, com relação ao experimento da escolha demorada. Bohr assume duas posições diferentes. Em 1928, ele considerou uma abstração pois não se poderia obter informação sem ambiguidades do objeto quântico, seja com relação ao seu passado ou ao seu futuro. Então, ele se nega a definir se o objeto é onda ou partícula, e a comentar outros aspectos do experimento enquanto ele estiver em curso, ou seja, enquanto não tiver ocorrido o registro macro final, no aparelho de medição, o oscilador. O condicionamento da definição do objeto à medição confere a este entendimento a classificação de epistêmico. Já em 1938, Bohr introduz a noção de “retrodição”, em decorrência deste tipo de experimento, nos moldes propostos por John Wheeler (ver abaixo), e ainda reivindica a necessidade de uma descrição completa do conjunto objeto e aparelho de medição, o que ele denomina de “totalidade” do fenômeno, para que se possa pronunciar a seu respeito.

Interpretação da Complementaridade (IQ-4), segundo Wheeler. Já Wheeler introduz um sabor ontológico à sua concepção realista de complementaridade, não obstante através de um anacronismo, fazendo afirmações sobre a natureza do objeto quântico, antes da sua medição, porém em dependência da escolha feita pelo observador. Confere ao observador, que decide tardiamente (depois de o experimento ter se iniciado mas não se concluído) se o fenômeno é ondulatório ou corpuscular, o poder de, no presente, atualizar a realidade do passado. Antes desta atualização é como se o passado quântico não existisse, no sentido de não se poder falar dele – neste particular ele acompanha Bohr. Mas se ele decide manter o espelho S2 e, assim, o fenômeno se comportar como ondulatório, o experimentador, então, teria condições de inferir sobre o comportamento do objeto quântico no passado, no t_2 . Ou, o inverso – corpuscular - se ele escolhesse retirar o espelho S2. E, ainda, que partículas

podem ter posição e momento bem definidos apenas no passado. A anomalia desta interpretação é a de que no presente, enquanto em t_2 , não se pode falar sobre o que é o objeto, mas no t_3 , quando o observador faz a decisão sobre o espelho S2, pode-se dizer o que ele era no passado. Nas palavras de Wheeler: “é errado pensar naquele passado como já existindo em todos os detalhes. O passado é teoria. O passado não tem existência enquanto ele não é registrado no presente. Ao **decidirmos** quais perguntas o nosso equipamento quântico de registro irá fazer no presente, **temos uma escolha** inegável sobre o direito que temos de perguntar sobre o passado” (WHEELER, 1983apubPESSOA, p. 22)¹².

Wheeler injetou uma dose de realismo estranho à Interpretação da Complementaridade. Oferece ao observador, no presente, em consonância com a escolha do experimento vigente, decidir qual é a ontologia do ente quântico, no passado. Dito de outra forma: o presente atualiza o passado, que somente assim ganha status de realidade. Parece absurdo. Isto, afinado com um entendimento que outorga ao observador participante o direito de definir a ontologia do objeto quântico. Sugere uma simetria causal-temporal entre o passado e o presente. A seta do tempo que funciona, de acordo com 2ª lei da termodinâmica, do presente para o futuro, com este experimento ficaria invertida, do presente para o passado – pelo menos em termos de informação. É isto mesmo, embaralharia o tempo?

A presença da subjetividade – através do papel ativo da consciência do observador -, introduzida pelo fenômeno quântico, pode ser classificada, até agora, em quatro: 1) define a natureza do fenômeno e do objeto quântico, se ondulatório ou corpuscular; 2) provoca o colapso do estado quântico (será mais detalhada junto com o problema da medição); 3) tem a capacidade de alterar e especificar a ontologia do objeto quântico no passado; 4) é quem, na medição ou redução de estado, provoca a realidade com a sua escolha.

Com as outras interpretações não ocorrem esta anomalia relacionada com o tempo. Na IQ-1, Ondulatória, como o pacote de onda, que entra em S1, teoricamente, divide-se em dois, em t_2 , rumando por A e por B, o que ocorre no t_3 , mantendo ou retirando o S2, em nada afeta o que ocorreu no passado. No t_4 e no t_5 , sem S2, ocorre detecção com o colapso não-local e a onda se apresenta

¹² Os grifos são meus.

como partícula. Na IQ-2, Corpuscular, ao se retirar o espelho S2, o objeto quântico continua sendo, no passado, o que ele sempre foi, isto é, uma partícula. O presente não muda o passado. Com a IQ-3, Dualista Realista, tem-se, em t1, partícula e onda piloto atravessando o S1. Em t2, a onda está dividida em duas (com a defasagem temporal), com a partícula acompanhando uma delas, em A ou B. Ao se retirar o espelho S2 ocorre detecção da partícula, em D1 ou em D2, sobrando uma onda vazia. Como nas outras duas, o passado não é modificado pelo decisão do observador, no presente.

Ambiguidades são envolvidas, segundo a IQ-4, da Complementaridade, na versão Wheeler, ao querer, neste experimento da escolha retardada, aderir ao objeto quântico livre – em t2, quando ele ainda não mostrou a sua *cara* - uma realidade ontológica clássica, na decorrência da decisão do observador. Mas segundo Bohr, a natureza do fenômeno deveria ser definida, tão somente após a medição e usando referências clássicas, em particular a trajetória supostamente percorrida pelo ente quântico. Mas a IQ-5, Informacional, segue a IQ-1, Ondulatória, usando, em oposição à Interpretação da Complementaridade, o critério da presença ou ausência do padrão de interferência, observado na medição. Sua presença autoriza a classificar o fenômeno como ondulatório, visto no experimento-2, e sua ausência, como no experimento-3, quando se retira o espelho S2, a entender o fenômeno como corpuscular. E ainda acompanha a Interpretação Ondulatória, concebendo na mensuração, por colapso, a manifestação da natureza corpuscular do quantum. Tem ainda em comum com a IQ-1 a compreensão de que a onda não é física, entendendo-a como de natureza informacional. Já com IQ-3, Dualista Realista, compartilha a concepção de natureza dual para o objeto quântico. Mas se diferencia desta, na medida em que entende ser a natureza corpuscular do objeto quântico, que acompanha a onda, simultaneamente em A e em B, um potencial de manifestação, e não já uma partícula real numa das duas trajetórias. Se não há o espelho S2 e a medição do objeto quântico se dá em D2, por exemplo, isto não permite, de acordo com IQ-5, Informacional, afirmar que ele veio pelo segmento A do interferômetro. Ele veio, sim, por todas trajetórias, e ao interagir com o D2 porque o S2 não se encontrava no seu lugar prévio, respondeu à demanda de se comportar pontualmente ali. Não há padrão de interferência, logo o fenômeno é caracterizado como **de**

manifestação corpuscular. Se o S2 lá se encontrasse, esta interação forçaria a produção do padrão de interferência em D1 e o fenômeno seria **de manifestação** ondulatória. A natureza do objeto quântico em um e noutro caso continuaria a ser de potencial dual, e apenas o fenômeno poderia ser classificado como corpuscular ou ondulatório, de acordo com o critério e explicação acima descritos. A justificativa da Interpretação Informacional para este dúbio comportamento repousa-se na natureza do objeto quântico livre e na sua maneira peculiar de preencher o espaço diferenciado, não físico (o qual, ainda, será mais abordado).

Se a interferência serve como critério positivo para definir o fenômeno ondulatório, haveria um critério positivo para definir o fenômeno corpuscular? De acordo com a IQ-5, Informacional, sim. Dado que a ontologia do objeto quântico carrega uma marca interferencial, resultado da combinação de ondas informacionais, no espaço formal, sempre que a sua interação com este mundo macro da matéria utilizar artefato capaz de revelar tal padrão, sua marca ondulatória se fará anunciada. E como esta interação é sempre de caráter pontual, a marca da natureza corpuscular do fenômeno é onipresente. Resumindo, o objeto quântico é informacional com o potencial de manifestação dual. Sempre manifestará sua condição corpuscular e, às vezes, sua condição ondulatória. Depende do artefato que o objeto encontre no seu espalhamento. Se o arranjo tem a propriedade de revelar o padrão ondulatório, este se manifestará. Caso contrário, apenas a condição corpuscular se apresentará, como no caso do experimento-3.

A IQ-5, Informacional, não compartilha os pruridos convencionais da IQ-4, da Complementaridade, de não aceitar ambiguidade no fenômeno, porque entende que o objeto quântico não funciona dentro desta lógica clássica, mas segundo outra, própria daquele espaço virtual e de ordem mental. Também não contempla a retrodição, considerando-a uma abstração, como nas primeiras declarações de Bohr. A inferência sobre o passado do objeto quântico, de acordo com a escolha retardada, outorgando ao observador a autoridade capaz de definir sua natureza corpuscular, caso ele retire o espelho S2, funciona desde que não aparecesse um *fantasma* depois do S2, mas ainda antes da medição, colocando ali outro arranjo especial, apto a fazer voltar as superposições construtivas e destrutivas. Assim, em tese, pode existir a interferência do observador sobre o

passado do objeto quântico. Porém, não tem rigor - é um entretenimento especulativo. Segundo a IQ-5, a escolha demorada não confere ao observador status especial para decidir a ontologia do objeto quântico no seu passado. Sua ontologia já está definida, composição de ondas informacionais, com potencial dual de manifestação, em dependência do arranjo do objeto com o qual vier interagir. No arranjo deste artefato o sujeito tem liberdade de escolha, mas limitada.

Pergunta relacionada com o experimento-3:

1) Qual é o significado da interferência humana na definição da ontologia do objeto quântico, na escolha retardada?

2.2 2ª Fase: A Formulação Matemática da Equação de Onda

2.2.1 Biênio 1925-27: Mecânica Matricial, Mecânica Ondulatória e a Equação de Onda de Schrödinger.

Neste auspicioso biênio, entre 1925 e 1927, de elaborações prodigiosas e fundamentais para o sucesso da mecânica quântica, são alinhados como protagonistas de primeira linha, associados ao local de trabalho e pela ordem etária (no ano de 1925), os seguintes físicos: Jordan: 23 anos, Heisenberg: 24; Born: 43, todos alemães, em Göttingen; Schrödinger: 38, austríaco, em Zurich; Pauli: 25, austríaco; Bohr: 40, dinamarquês, em Copenhagen. De Broglie: 33, Compton: 33, Einstein: 46, e Planck: 67 não foram incluídos no quadro acima, não porque fossem secundários na história da quântica, muito pelo contrário, mas apenas porque seus trabalhos mais significativos ocorreram na primeira fase, já esboçados no capítulo anterior.

Em 1923, Heisenberg, ao ser aceito para trabalhar com Born, em Göttingen, entendeu que para assumir o desafio de decifrar aquele estranho mundo atômico, deveria pagar um preço nada barato: desconsiderar a prezada visualização (*anschaulich*), eliminando qualquer intenção de descrever o mundo atômico como eventos próprios de um palco espaço-temporal. Atribuir à decisão apenas a inconsequência juvenil, talvez não fosse o caso, porque Planck, no alvorecer da física quântica, não era um garoto, quando assumiu procedimento parecido, ao propor os *quanta*, embora o deflagrasse com muito mais constrangimento do que Heisenberg agora.

Parece que o jovem alemão intuía a necessidade de seguir mais Pauli do que Bohr. Isto porque, enquanto Bohr, apesar de admitir os esquisitos saltos quânticos, ainda tentava um modelo clássico para o átomo de hidrogênio, Pauli dizia que os modelos atômicos, com premissas baseadas na física clássica, deveriam ser tomados apenas como símbolos. Ancorava-se no exemplo de Maxell, que fora capaz de captar a realidade por detrás das equações do eletromagnetismo, como consequência do seu arbitrário abandono às explicações mecânicas (CREASE, 2008).

Seguindo esta linha, no início de 1925, Heisenberg abandonou a visualização e escreveu o artigo “Sobre a reinterpretação mecânica-quântica das relações cinemáticas e mecânicas” (CREASE, 2008, pp. 195, 213, 260). Jogou no lixo as descrições do mundo atômico como eventos próprios de um palco espaço-temporal, e não considerou a ontologia consagrada que afirmava o status dos objetos macroscópicos através de atribuições que se propagam continuamente de forma mecânica.

Sua fórmula, baseada na matemática das matrizes, quantificava as grandezas espectrais do átomo de hidrogênio, associando-as às órbitas estáveis de Bohr. Porque considerava o mundo atômico não-observável, descartara a viabilidade de medir a posição e o momento do elétron.

Em setembro de 1925, Max Born e Pascual Jordan derivam a fórmula de Heisenberg e constroem a primeira formulação matemática da mecânica matricial.

Em fevereiro do ano seguinte, Heisenberg junta-se ao dois e, a seis mãos, escrevem o artigo “Mecânica Quântica II”, que vem a se constituir como o primeiro mapa, totalmente formal, para o domínio quântico do átomo. Mas, impotentes, não conseguem esclarecer o curioso enigma presente na travessia do mundo micro para o macroscópico.

Ainda no outono de 1925, a pedido do físico holandês Pieter Debye, Schrödinger, partindo de uma premissa filosófica distinta da de Heisenberg, expõe na escola técnica ETH (Eidgenoössische Technische Hochschul), na região de Zurique, a concepção de De Broglie sobre o elétron para explicar as órbitas estáveis do átomo de Bohr. Da platéia retrucou seu professor, Debye: se o elétron era ou carregava uma onda, então, haveria de ter uma equação diferencial para

tratar do seu movimento! (CREASE, 2008). Há também indicação de Schrödinger ter seguido uma hipótese feita por Einstein em 1909, quando abordara a teoria sobre gases quânticos. Tal como no caso da teoria quântica da luz, em que Einstein afirmara haver dois tipos de contribuição para as flutuações de energia emitida por um corpo negro, também dois termos apareciam no caso dos gases - um associado a partículas e outro a ondas. O segundo é reconhecido por Einstein como uma evidência do aspecto ondulatório da matéria. Ele acha que seriam como ondas “guias”, devendo-se associar uma onda a cada partícula. Isto em 1909.

Com dois artigos, um em março e outro em abril de 1926, ele edita uma equação de onda ψ , relacionando λ com p (comprimento de onda com momento) e ν com E (frequência com energia), tal como previra De Broglie e, antes, Einstein. Assim, o seu formalismo trata o elétron, onda-e-partícula, com uma só descrição. Esta onda, apesar da sua natureza não-física, tem amplitude e fase, obedece ao princípio de superposição e ao código de área espectral; apresenta interferência construtiva e destrutiva dependentes da fase e, por consequência, pode ser expressa como a soma dos membros de numerosas famílias de formas ondulatórias. No entanto, tem uma diferença crucial em relação às ondas conhecidas: ψ não carrega energia - é o que atesta a equação de Schrödinger.

Como vantagem adicional esta equação substituiu as regras habituais de quantificação de Bohr, postuladas arbitrariamente para expressar uma grandeza física através de números inteiros variáveis ($n = 1, 2, 3, 4\dots$). Estes números eram, agora, autovalores pertencentes a um conjunto discreto, que apareciam como soluções de autofunções de uma equação geral (ROSA, 2006). Formalizara matematicamente uma palatável mecânica ondulatória, não obstante incompleta. Quis forçar uma realidade ontológica para sua “invenção”, associando campo atômico com a “densidade de carga do elétron”, mas Born objetou.

Porque os físicos conheciam as ondas mecânicas, sonoras e luminosas com suas respectivas equações, preferiram a formalização de Schrödinger a de Heisenberg. Trazia, com o seu formalismo convencional, promessa sedutora para o desenvolvimento que a física quânticaurgia. Ainda repunha, ou tencionava repor, um objeto tão caro à maneira costumeira de formular a física - a visualização, salvo-conduto do realismo.

O elétron ondulatório permitia tornar suas interações com o átomo mais intuitivas. Fazendo o elétron retornar ao mundo visualizável, Schrödinger o concebe como ponto mecânico deslizando sob as leis da física, na tentativa de postular, no domínio atômico, um processo contínuo por detrás do curioso processo descontínuo que a mecânica quântica, indubitavelmente, desvelara e impunha. Quis, com o seu precioso realismo, domesticar o átomo com as rédeas da física clássica, mas não logrou êxito. A onda ψ , não observável, oscila temporalmente num espaço multidimensional, que por parecer não ser físico recebeu tratamento formal.

A matemática, que sabe mais do que nossa intuição - afirmava Born - sobreparava. Se Heisenberg não conseguira livrar suas matrizes da impropriedade da comutabilidade, a impotência de Schrödinger se revelou na incapacidade de descolar o número imaginário da sua equação. Ao lado da fase real do número complexo, permanecia a contraparte imaginária, não-observável e nem mensurável.

No 6º e último artigo de 1926, Schrödinger, sabedor que era da proposição matricial de Heisenberg para tratar o mundo atômico, demonstra a equivalência da mecânica matricial com a sua mecânica ondulatória (CREASE, 2008, p. 219).

Born, que se entusiasmara com a mecânica matricial pelo sucesso conseguido com suas aplicações iniciais, nega de pronto a mecânica ondulatória. Mas capitula e passa adotá-la devido à facilidade do seu manuseio. Pauli também confirma a equivalência matemática das duas soluções, e opta pela aplicação vantajosa da mecânica ondulatória, deixando em aberto dois intrigantes problemas: 1) o que era este espaço formal de configurações? 2) como este sistema quântico evolui no tempo? (CREASE, 2008, p. 219).

Se ambas soluções são matematicamente válidas, qual das duas escolher, tomando como critério não a facilidade operacional, mas sim, a proximidade com a realidade? Em outras palavras, qual das duas mecânicas oferece melhor modelo para interpretar a realidade? Schrödinger, realista, insistiu com o seu método tentando fundamentar um processo contínuo original que determinasse a descontinuidade observável. Fracassou. Já o idealista Heisenberg, que optara

pela mecânica matricial, afirmava que a presença enfática da descontinuidade nos fenômenos quânticos apontava para um primarismo incontornável.

Durante curto período vive-se o intenso impasse do desafio de tentar conciliar as duas mecânicas. Embora equivalentes para tratar o fenômeno, a mecânica ondulatória havia sido elaborada sob a inspiração de um realista, enquanto a mecânica matricial, estava impregnada pela autoria de um idealista. Em novembro de 1926, Schrödinger compila os seus 6 artigos em um livro.

Born, mais próximo da abordagem metafísica, quase implícita na mecânica matricial, não compartilha com a posição realista de Schrödinger mas, por ironia, paradoxalmente, é quem desenvolve um realismo para a equação de Schrödinger.

Sem decifrar a *coisa estranha* que, embutida no formalismo ondulatório, movimentava-se continuamente num espaço diferenciado, Born pensa a equação como probabilidade de um dos estados do sistema quântico. Usa de certa magia para desobrigar aquelas forças de realizar um serviço clássico, conjugando parte da mecânica ondulatória com parte da mecânica matricial num estranho híbrido, mais parecido mistura de água e óleo.

Pauli concorda com a explicação de Born e, elevando o módulo de Ψ ao quadrado (CREASE, 2008, p. 222), fornece ontologia para a informação (ou dá informação, como ontologia, para aquela inefável coisa ψ). Era um realismo bem diferente daquele almejado por Schrödinger. Desconcertante inovação se impõe.

Em fevereiro de 1927, Pauli e Jordan admoestam Heisenberg que teimava em afirmar não serem mensuráveis a posição e o momento do elétron não-visualizável. Mas felizmente, no limite da controvérsia, o microscópio imaginário de Jordan conseguiu abalar as radicais convicções platônicas de Heisenberg.

Trincou-se o chão maciço das certezas de Heisenberg. Pensou, repensou e tornou a pensar. Num ingente esforço postulou o princípio da incerteza. É crível, sim, apontar o lócus do elétron e sua ligeireza, mas... somente sob devidas condições.

Heisenberg capitula: a mecânica quântica é, sim, visualizável, mas não como queria Schrödinger. Arregimenta argumentos e disposição fazendo crescer a barreira que separa as duas mecânicas, ou melhor, os seus proponentes.

Bohr, como grande maestro, não economizou esforços para harmonizar as duas mecânicas, como partes complementares da sinfonia quântica. Emprestou a Schrödinger, ou pelo menos tratou a formulação do físico austríaco com seus óculos – seriam eles, kantianos, platônicos ou positivistas? - e pressionou Heisenberg a aceitar a *partitura* ondulatória, como parte indispensável da teoria quântica.

2.2.2 O Formalismo do Princípio da Superposição e a Concorrência das interpretações (I).

O objeto quântico que atravessa a dupla fenda ou se propaga pelo interferômetro de Mach-Zehnder, já abordado pelos três experimentos e pelas elaborações que as quatro interpretações básicas propuseram (acrescidas daquela que é uma das razões desta dissertação), é tratável como um sistema quântico. Este sistema, considerado um dos princípios mais fundamentais da física quântica, é denotado pelo vetor de estado ou função de onda " $|\Psi\rangle$ ", e contempla a superposição de vários estados.

O formalismo deste vetor de estado ($|\Psi\rangle$) estabelece regras para se calcular seus possíveis valores e as respectivas probabilidades dos estados do sistema quântico. No interferômetro de Mach-Zehnder, o vetor de estado A ($|\Psi_A\rangle$) representa, neste sistema quântico, a possibilidade de se encontrar o fóton no trajeto A. O cálculo do seu valor traz embutido sua respectiva probabilidade, ou seja, o grau de certeza (auto-estado) dele ser encontrado lá, análogo à amplitude de uma onda clássica. O mesmo é dito para o vetor de estado para o fóton na trajetória B ($|\Psi_B\rangle$). No extremo, se o sistema quântico for representado por um deles – $|\Psi_A\rangle$, por exemplo –, significa que nenhum fóton será encontrado em B, porque a probabilidade dele se encontrar em A é de 100%, o que indica a redução dos dois estados para um deles. Relacionando estes dois estados ortogonais é possível anunciar o princípio quântico da superposição, assim:

“dado dois estados admissíveis de um sistema quântico, então, a soma destes dois estados também é um estado admissível do sistema”.

A equação abaixo expressa o estado assumido pelo quantum de luz no experimento para um fóton, no interferômetro de Mach-Zehnder. É uma soma

diferente pois envolve coeficientes próprios para manter os estados “normalizados”. Há um coeficiente que assume valores complexos, com a presença do número imaginário, raiz quadrada de menos 1 ($i = \sqrt{-1}$).

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} |\Psi_A\rangle + \frac{1}{\sqrt{i}} |\Psi_B\rangle \quad (\text{equação 2.1})$$

Este formalismo não afirma a presença simultânea do fóton em dois lugares. Fornece previsões verificáveis e comprovadas nos resultados de medições realizadas em diferentes situações experimentais. É um diálogo direto entre fenômenos e números - a natureza descrita em linguagem matemática, tão bem ao gosto das proposições de Galileu, no alvorecer da revolução científica. Números divorciados de qualquer pretensão de explicação. O candidato natural à explicação são o físico e o filósofo da ciência, que combinam teoria com dados empíricos sugerindo interpretações. As interpretações sobre alguns aspectos do fenômeno quântico que acompanharam os três experimentos já expostos, apesar de divergentes, são consistentes com este formalismo. Que linguagem é usada para este intento? A descrição explicativa veste-se de linguagem vernacular, estruturada sintaticamente para a adequada comunicação interpessoal. Estruturou-se, é certo, tendo por base a própria lógica inerente aos processos mentais humanos. Aqui, esta linguagem é adaptada à ordem científica, a cargo do manejo do especialista que, mesmo estando a serviço de um ofício muito singular, carrega consigo um ser humano comum, que compartilha com os seus pares, necessidades e ambições, limitações e, ainda, aquelas dúvidas existenciais fomentadas na peleja mortal dos séculos. Transferidas da cultura para o indivíduo tomam o cientista que, embora vise o conhecimento verdadeiro, guarda num tempo perdido da sua história pessoal, razões quase sempre inacessíveis, pelas quais constrói sua tendência particular de encarar e de entender o mundo. São questões associadas à estruturação da personalidade, dependentes, por sua vez, de problemas da consciência que precisariam ser abordados juntos com a epistemologia. Não o são, pelo menos por enquanto. Assim, com base neste constructo, diferenciam-se e esgrimam-se as interpretações.

Antes de entrar nas interpretações duas palavras, ainda, sobre este formalismo, tornam-se necessárias.

O objeto quântico é considerado um sistema quântico “fechado” de estados superpostos, representado por um vetor do espaço de Hilbert ($|\Psi\rangle$). O espaço de Hilbert é um espaço vetorial complexo linear, onde seus vetores são expressos por números complexos, com módulo e fase. Pelo princípio da superposição, a cada instante este sistema pode ser representado por um único vetor, resultado da combinação linear dos estados superpostos. A energia de cada estado, denominada de autoestado de energia, é representada por vetores ortogonais do espaço de Hilbert, cujos coeficientes (a_i) são números complexos que satisfazem uma condição de normalização (equação 2.2 e 2.3) (PESSOA, 2003, p. 24).

$$|\Psi\rangle = a_1 |\Psi_1\rangle + a_2 |\Psi_2\rangle + a_3 |\Psi_3\rangle \quad (\text{equação 2.2})$$

$$1 = a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 \quad (\text{equação 2.3})$$

Qualquer grandeza física mensurável deste sistema quântico, denominada Q , pode ser descrita por um operador adjunto \hat{Q} , no espaço de Hilbert. Este operador-adjunto tem a propriedade de transformar qualquer vetor do espaço de Hilbert em outro vetor do mesmo espaço. E ainda, resolvendo a equação de autovalores, este operador garante que no cálculo de valores médios o resultado será sempre com números reais (e não complexos) (equação 2.4).

$$\hat{Q} |\psi_i\rangle = \gamma_i |\psi_i\rangle \quad (\text{equação 2.4})$$

Assim, as interpretações, divididas em realistas (IQ-1 e IQ-3, Ondulatória e Realista Dualista) e epistêmicas (IQ-2 e IQ-4, Corpuscular e da Complementaridade), tentam justificar o formalismo perante a realidade, esmerando-se em decifrar esta misteriosa superposição. As de cunho realista almejam dar ontologia para o estado quântico, enquanto as epistêmicas contentam-se com o uso pragmático desta associação. Mas permanece a pergunta: o estado quântico corresponde a uma realidade ou apenas propicia uma interpretação epistêmica do seu uso técnico? Desdobrando, a teoria quântica é uma descrição completa ou incompleta da natureza? Por quê?

As interpretações Ondulatória e Dualista Realista tratam o objeto quântico, representado matematicamente pelo vetor de estado, como real. Portanto, como portador de ontologia. Ainda, a descrição teórica deste estado é considerada completa para a Ondulatória e incompleta para a Dualista Realista.

Para a Ondulatória, então realista e completa, o vetor de estado, $|\Psi\rangle$, é a realidade quântica, nada existindo além desta função de onda. Não é uma realidade atualizada, mas sim, potencializada. Uma realidade intermediária, que fornece probabilidades, evoluindo continuamente no tempo, como sói acontecer com as ondas clássicas. Seu problema está na admissão de uma realidade que contém o espaço de configurações de $3N$ dimensões, onde N é o número de objetos quânticos do sistema. O que vem a ser isto? É apenas a realidade de um espaço formal? (PESSOA, 2003, p. 25). Seria uma espécie de realismo similar àquele da teoria dos números? Neste caso, os números são entidades reais que existem independentes do nosso pensamento, mas fazendo parte de uma realidade diferente daquela afirmada por Galileu, no passado, e defendida, por Einstein e Schrödinger, para o sistema quântico, no advento da nova física (ROSA, 2005, p. 430).

Para a Dualista Realista, realista e incompleta, o estado Ψ exprime um campo real com a função de guiar a partícula. Sua incompletude decorre do atual estágio do conhecimento que obriga a teoria a contemplar apenas partículas cujas posições e velocidades são indeterminadas ou parcialmente determinadas. *Sua completude implicaria no domínio de tal realidade. O conhecimento das variáveis ocultas eliminaria este indeterminismo.* A ontologia do objeto quântico dual, segundo este ponto de vista, fornece realidade para a “onda piloto”, que funciona como guia informativo, e para a partícula, que detém energia.

Por não interessar à IQ-2, Corpuscular, e à IQ-4, da Complementaridade, a realidade potencializada do estado quântico, considerada fora da sua alçada de investigação, estas duas interpretações são consideradas epistêmicas. Mas enquanto a Interpretação Corpuscular considera incompleto o conhecimento do vetor de estado, a da Complementaridade o tem como completo.

Uma visão corpuscular mais sofisticada, também conhecida como *interpretação dos coletivos estatísticos* (ensemble interpretation), apareceu com o artigo de Ballentine (BALLENTINE, 1970 apud PESSOA, 2003, p. 25). Foi formulada inicialmente por Slater, em 1929, e depois, apoiada por Popper. Toma a descrição formal do estado quântico, que revela o valor de $|\Psi\rangle$, como a média de todas as posições possíveis da partícula. O vetor de estado representa um *ensemble* estatístico, associado a um procedimento de preparação experimental.

O conhecimento estatístico desta abordagem implica em falta de informação sobre uma partícula individual, justificando assim a sua concepção de não-completude da teoria quântica. Esta interpretação não detalha o que falta conhecer para se obter o conhecimento total do sistema. Está afinada com o enfoque corpuscular da realidade (PESSOA, 2003, p. 25).

A Interpretação da Complementaridade é considerada epistêmica por admitir o vetor de estado $|\Psi\rangle$ apenas como um instrumento matemático para calcular as previsões. Daí o nome *instrumentalismo*. Heisenberg, ao afirmar que a mudança descontínua da função de probabilidade retrata “uma mudança descontínua em nosso conhecimento”, serve para ilustrar um aspecto desta concepção. Ao definir a expressão do objeto quântico como corpuscular (trajetória bem definida) ou como ondulatório (trajetória sem definição mais padrão de interferência), usa a referência clássica, não dando importância à uma ontologia quântica deste objeto. É completa por entender o formalismo como descrição cabal do objeto quântico individual, tal como a IQ-1, Ondulatória. A diferença entre as duas, com relação à ontologia que a IQ-1 adere à entidade quântica, não chega a ser substancial porque a realidade deste estado, para a Interpretação Ondulatória, é apenas acessível pela matemática. A Interpretação da Complementaridade sustenta não existir qualquer outra coisa para além do formalismo, *abordável pela física*. A física rebateria este formalismo na realidade sem conferir ontologia a ele. Pessoa a classifica como *positivista*, considerando a noção de realidade desta abordagem. Ela parte do pressuposto da inviabilidade da descrição, pela teoria quântica, de uma realidade independente do sujeito já que a teoria cuida apenas do que é observável (pelo sujeito). Ou seja, por conta da sua proposição de vincular a realidade àquilo que é passível de observação, direta ou indiretamente. A física somente alcança este tipo de observável (PESSOA, 2003, p. 25).

A IQ-5, Informacional, se posiciona explicando sua afinidade com aquelas assumidas como realistas. A realidade para a IQ-1, Ondulatória, é formal, matemática – trata-se do próprio espaço de Hilbert. Por admitir que este espaço formal é uma representação desta realidade diferenciada, a IQ-5, Informacional, requer uma realidade para além desta puramente matemática, ou seja, uma realidade das entidades conscientes e inteligentes, a quem cabe genericamente o

epíteto de *espírito*. Também se aproxima da IQ-3, Dualista Realista, porque esta pressupõe uma realidade para a onda piloto composta de informação, aquela capaz de orientar o movimento da partícula. Avança em relação a esta, no entanto, por considerar que se a onda guia a partícula, o faz através da informação que carrega – uma onda informacional. Esta informação dirigiria o fenômeno físico, a partir das interações deste ente quântico com outros objetos, que também alberguem a mesma natureza de informação, conforme foi descrito no item 2.1.3.

À matemática e à informação, que as duas interpretações – Ondulatória e Dualista Realista – já admitem como habitantes próprios desta realidade quântica, a Interpretação Informacional acrescenta a consciência e a força – aliás a força, ou potência, já faz parte da consciência. O continente destes habitantes é distinto do físico porque é ele, numa primeira leitura, o espaço ou o campo da consciência, e a própria consciência, quando se avança na exploração da sua ontologia. Afinada com aquele entendimento que postula três elementos fundamentais na constituição do universo, esta interpretação associa a proto-consciência ou campo informacional a todo e qualquer objeto quântico. Estes primórdios de consciência, intrínsecos à substância quântica, evoluindo, vêm fazer parte da consciência humana, através de percurso específico.

A matemática, posta como habitante deste mundo, funciona como linguagem primária que conecta a consciência com os outros elementos do universo – matéria-e-radiação -, gerando informação sobre movimentos e fenômenos, impostos pelas forças, e traduzíveis em outras linguagens do espírito, como a utilizada aqui – o entendimento lógico. Ou seja, acaba sendo uma linguagem que coloca em relação, fenômeno natural e pensamento humano.

Esta realidade quântica não é abordável através da física, conforme entende a IQ-4, da Complementaridade. Não significa que esta realidade não exista, nem que seja ela inabordável. Apenas a sua ontologia não é sensível à física, conforme quis entender Bohr. Assim, é real e tem ontologia. A sua observação a partir da mente dual, da mente que formula a teoria física é inviável – a não ser assim, matematicamente. Mas é neste imbróglio que as interpretações são partejadas, paralelas, talvez, àquela alegoria dos quatro cegos que apalpam diferentes partes do elefante, que desejam conhecer, e descrevem

quatro objetos totalmente distintos, inconciliáveis e desprovidos de vínculo unitário de identificação.

Se caso pudesse incluir a mente humana no bojo da investigação do fenômeno considerado, até então, puramente físico – objetivo a ser encarado pela subjetividade forte -, talvez uma nova formulação matemática, mais arrojada, se tornasse viável, com avanços significativos para a física quântica. Sem menosprezar suas plausíveis conquistas, ainda, assim, estariam no domínio da dualidade. Noutra direção, vislumbro domínio singular do conhecimento para esta realidade, adentrável através da instância una da consciência, uma condição inerente ao funcionamento próprio da mente humana, ainda relegada ao inadmissível. Pensemos no domínio do cálculo diferencial na Grécia clássica. Apesar de inadmissível como realidade atualizada daquela época, o potencial do seu conhecimento e, como consequência, sua utilização, já estavam lá – na mente humana.

2.2.3 O Problema da Medição - Colapso da Função de Onda ou Redução de Estado e a Concorrência das interpretações (II).

Bohr, ao arquitetar seu modelo atômico dependente dos pacotes de energia de Planck, prescindiu da noção de colapso para explicar a sua proposta dos misteriosos “saltos quânticos”, por considerar o elementar postulado quântico suficiente para tal fim. Schrödinger, que não gostava nem da noção do colapso (formulado por Von Neumann) nem daquela dos saltos quânticos, não precisou considerar mudanças da função de onda decorrentes de uma medição. Foi Heisenberg que, ao analisar a medição de posição de um elétron, no artigo já citado de 1927, trouxe a idéia de que “cada determinação de posição [medição] reduz o pacote de onda de volta a sua extensão original” (HEISENBERG, 1927apudPESSOA, 2003, p. 37).

A esta altura, depois de elaborado o suficiente sobre detecção e medição pontual, seja no experimento da dupla fenda, seja no interferômetro de Mach-Zehnder, cabe abordar o caso de medição sequenciada, formulada por Einstein, no 5º congresso de Solvay, 1927, com o título de “paradoxo da quantidade”. Einstein se intrigava com a seguinte questão: se a preparação radioativa emite pulsos, como ondas esféricas em todas as direções, como compreender o rastro

de uma linha (mais ou menos) reta, formado pelas partículas alfa, α , flagrados na câmara de Wilson? Born explicou recorrendo ao caráter dual do objeto quântico, no caso, a radiação α : enquanto não ocorre a ionização, a radiação propaga-se como onda, e na redução do pacote de probabilidades, conforme sugerido por Heisenberg, a condição corpuscular do fenômeno se manifesta. Por que o faz em linha reta? Isto é consequência da redução do pacote de ondas para a vizinhança imediata destas gotículas (fig. 2.6). Seu entendimento é diferente do de Bohr, porque para este o fenômeno deveria ser classificado como onda ou como partícula, nunca os dois simultaneamente, como propõe Born aqui. (PESSOA, 2003, pp. 27, 28).

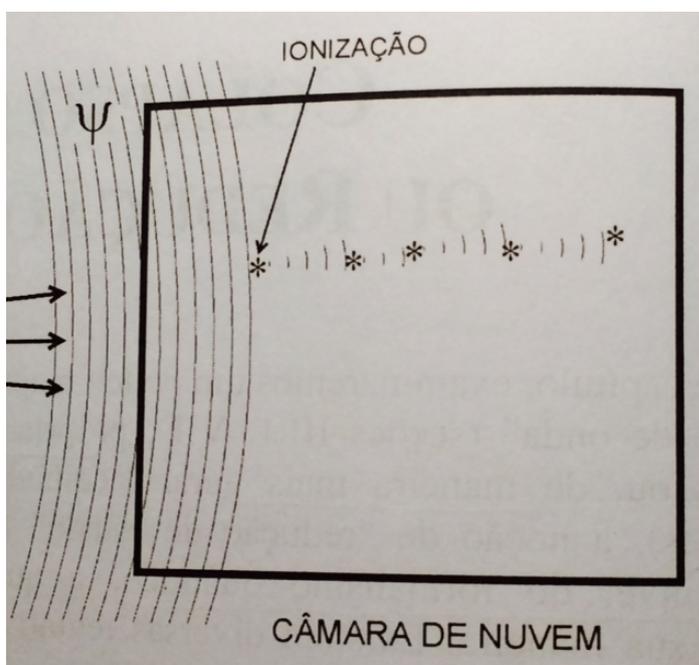


Fig. 2.6 – Colapso de um objeto quântico em uma câmara de nuvem de Wilson.
(PESSOA,2003, p. 38)

Ainda neste congresso de Solvay, esta questão fez palco para outra controvérsia em torno do realismo, protagonizada por Dirac e Heisenberg. Enquanto o inglês entende que entre os diversos autoestados superpostos (ψ_n), a natureza escolhe aquele que lhe convém, Heisenberg retruca que a escolha ocorre sob as expensas do observador e não da natureza. Dirac, ao explicar o colapso como decorrência da perda da capacidade das componentes da função de onda de interferir entre si, parece atribuir ao observador o mero papel de constatar o estado escolhido pela natureza (grau II ou III, no subjetivismo quântico

– espectador esperto ou sofisticado). Já a interpretação de Heisenberg afina-se ao idealismo de Berkeley – que indica ser real aquilo que é percebido pela mente - por entender que no ato da observação a realidade física é criada porque a escolha do observador (de fazer a medição) destrói a relação das fases nas ondas – deixam de interferir entre si (grau IV, no subjetivismo quântico – espectador demiúrgico).

Einstein, raciocinando ainda nos termos da propagação da onda esférica da radiação, aponta para possível anomalia, que caberia para interpretações do tipo IQ-1, Ondulatória, se estas fossem confrontadas com a velocidade da luz, como limite da natureza para transmissão de informação, imposta pela teoria da relatividade. Considerando $|\psi|^2$ como a probabilidade de se medir uma determinada partícula em certo lugar, o processo elementar de propagação desta onda esférica poderia produzir uma ação simultânea em dois ou mais lugares de um anteparo circular. Pois para isto não acontecer, a redução do pacote de onda precisaria contar como uma ação à distância instantânea, ou seja, um efeito não-local (PESSOA, 2003, p. 39). Isto será de novo avaliado no EPR e no teorema das desigualdades de Bell.

2.2.3.1 Experimento-4: usando o detector de “não-demolição”.

A abordagem dos três experimentos anteriores se fez acompanhada da devida análise das interpretações, na tentativa de decifrar enigmas e resolver intrigantes problemas introduzidos pela mecânica quântica.

Entender se há simultaneidade da apresentação corpuscular e ondulatória do objeto quântico e, em caso afirmativo, se isto denota inconsistência, foi uma primeira tarefa, trazendo consigo o próprio desafio de conhecer o que é este sistema quântico de estados superpostos, tão bem representado, matematicamente, pela função de onda – equação de Schrödinger – e tão bem operado no espaço vetorial complexo de Hilbert.

Explicar a singularidade do padrão de interferência, que além de ter uma construção pontual, diferente do fenômeno ondulatório clássico, esconde os elementos e a forma como eles se combinam para gerar as faixas escuras (preenchidas) e as claras (vazias) que se apresentam em tal padrão, foi outro problema enfrentado.

Ainda persiste a necessidade de resolver o que há de especial no subjetivismo quântico, entendido como o nível de participação do sujeito na produção do fenômeno ou na configuração da realidade.

Questões como estas, trabalhadas nos dois primeiros experimentos – o da dupla fenda e o do fóton único, no interferômetro de Mach-Zehnder, de natureza ondulatória, pelo menos sob o critério clássico da IQ-4, da Complementaridade –, passaram para o experimento-3, cuja particularidade recaiu na retirada do espelho S2, como resultado da escolha retardada. O desaparecimento do padrão de interferência, que aí deixa de ocorrer, quando da detecção do objeto quântico, impõe a necessidade de esclarecimento se a medição produz alteração na natureza do fenômeno, via ontologia do objeto quântico e, de novo, qual é o papel do observador nisto. Para buscar responder estas perguntas, é apresentado agora o experimento-4 e, a seguir, o experimento-5, inclusive com o uso do formalismo matemático.

Arma-se novo experimento, acrescentando o detector de “não-demolição”, D3, no interferômetro de Mach-Zehnder, arranjado naquela condição do experimento-2 (figura 2.4), cuja presença dos dois espelhos semi-refletores propicia superposições construtivas e destrutivas de ondas antes da detecção (antes de D1 e de D2). Seria equivalente a uma medição supra-sensível em uma das fendas, no experimento da dupla fenda, realizada de tal forma que mesmo depois deste registro, o quantum de energia prosseguisse sua trajetória, tendo o experimentador a intenção de verificar se ainda assim o padrão de interferência continuaria evidenciado na tela de projeção (esta questão é própria da discussão entre Bohr e Einstein, como será visto mais à frente (item 2.3.1), se havia realidade para o objeto quântico antes da sua medição). Aplicando este detector especial, um D3, numa das trajetória (A ou B), o resultado se modifica. Passa a ser 50% de detecção do fóton, em D1, e 50% em D2. O desaparecimento das superposições construtivas e destrutivas de ondas em S2 é usado para confirmar a não-violação daquilo que é considerado a versão forte da dualidade onda-partícula (PESSOA, 2003, p. 18). Isto porque, de acordo com a IQ-4, da Complementaridade, a medição do fóton em D3, implica numa inversão da natureza ondulatória do fenômeno que acontecia no experimento-2 para uma de natureza corpuscular neste experimento atual. De novo não há simultaneidade de

ambos. A medição em D3 significa tomar conhecimento da trajetória do fóton (critério usado pela Complementaridade para a classificação do fenômeno), e ao mesmo tempo a destruição do padrão de interferência em D1. O experimento-4, como variante do experimento-2, faz o resultado ondulatório deste último se transformar em corpuscular. É diferente do experimento-3, em que fora retirado o S2, aqui, não somente ele fica mantido, como também, em tese, o objeto quântico estaria presente nas duas trajetórias, A e B do interferômetro, já que sua medição no D3 não o impediu de prosseguir.

Resumindo: quando se pretende afirmar a coexistência do comportamento ondulatório e corpuscular no experimento-2, Bohr, usando a IQ-4, da Complementaridade, não aceita porque alega existir apenas o fenômeno ondulatório. O carimbo pontual na tela, do pretendido comportamento corpuscular do objeto quântico, seria atribuído tão somente como resultado do postulado quântico – a indivisibilidade do quantum. De acordo com Pessoa, se este tipo de experimento visasse demonstrar a vigência da dualidade onda-partícula seria apenas uma versão fraca desta dualidade (PESSOA, 2003, p. 2). O experimento-4 tem a propriedade de verificar uma versão forte da dualidade onda-partícula porque neste caso, a detecção do objeto, antes de formar o padrão de interferência na tela, implicaria no conhecimento da sua trajetória e, como consequência, a classificação corpuscular do fenômeno. Logo, porque continuaria a detecção do padrão de interferência no D1, isto serviria como evidência da violação da versão forte da dualidade onda-partícula – já que haveria marca objetiva dos dois padrões, corpuscular e ondulatório, no mesmo fenômeno. Esta versão afirma não ser possível a detecção de ambos comportamentos simultaneamente, o que, para Bohr, se acontecesse estaria em discordância com o princípio de identidade da lógica clássica: um ente não pode ser x e y (onda e partícula) ao mesmo tempo. Isto também traz repercussão na sua discussão com Einstein, sobre a existência de realidade física para o objeto quântico antes da sua medição (item 2.3.2). Esta versão da dualidade onda-partícula, apelando para conceitos clássicos, afirma não haver ambiguidade na descrição do fenômeno. E para que os dois se manifestem, em alternância, depende de arranjos diferentes e complementares construídos pelo observador (PESSOA, 2003, p. 18).

Como as quatro interpretações explicam o resultado deste experimento? Todas vão considerar a mudança do resultado uma consequência de distúrbio incontrolável provocado no objeto quântico, no ato da medição? Que mudança é esta? No enfoque da IQ-1, Ondulatória, sim, porque o colapso do pacote de onda, em D3, impede sua continuação em B e, portanto, prosseguindo somente por A acabará registrado pontualmente em D2 sem padrão de interferência. Caso contrário, estará somente em B e será registrado em D1. 50% em cada detector. À IQ-2, Corpuscular, falta consistência porque, supondo continuar o fóton sendo a partícula que já era – ou seja, a medição não altera o objeto –, seria de se esperar que o resultado não fosse diferente do experimento-2, onde há o padrão de interferência. O motivo da mudança sofrida pelo objeto decorrente da medição, para as duas últimas interpretações, 3 e 4, Dualista Realista e da Complementaridade, é o da perda de coerência das ondas envolvidas.

Cabem mais algumas palavras sobre as duas últimas interpretações. A IQ-3, Dualista Realista, elabora a visão de **criptodeterminação**, imputando a um dos dois trens de onda um distúrbio na fase, com valor imprevisível, decorrente da interação com o estado macro do D3. Este distúrbio, em tese determinista, causaria perda de coerência entre os componentes A e B, e a introdução de uma aleatoriedade nas superposições, de forma que agora haveria também aquelas que produziram o colapso em D2, explicando o resultado de 50% para cada detector.

Este experimento é excelente para confirmar a dualidade onda-partícula, na sua versão forte, que defende a necessidade do enfoque da complementaridade para explicar os fenômenos quânticos, asseverando que não se pode presenciar a partícula e a onda, simultaneamente. Através de um experimento de pensamento, Bohr, em vez de usar o D3, utilizou um espelho S1 semi-refletor móvel, imaginando que o fóton refletido ao transferir momento para o espelho, provocaria um deslocamento do espelho com um consequente distúrbio de fase neste pacote de onda. Isto como consequência da relação direta entre momento e comprimento de onda (λ), conforme formulado por De Broglie. Ambos, espelho macroscópico e fóton, estão sujeitos à imprecisões de medidas, próprias do princípio de incerteza. Compondo estas duas equações, a de De Broglie com a de Heisenberg, é possível constatar que o fóton refletido, detectado

(pelo movimento do espelho S1) mas não destruído nesta interação, rumaria para S2, com um deslocamento de fase entre dois valores ($-\frac{\lambda}{2}$ e $+\frac{\lambda}{2}$). Isto provoca interferência construtiva em S2 captada em D1, como também construtiva registrada em D2, e outras em situação intermediária, que pode ir tanto para D1 como para D2. Isto equivale a uma probabilidade de 50% para cada detector. Desaparece o efeito observável da interferência, ou seja, aquele com 100% de detecção em D1. Observemos que, mesmo dando um tratamento ondulatório para o fóton, no interior do interferômetro, esta interpretação diz que o seu comportamento, **após a medição**, é corpuscular. Isto porque está sendo usado o critério clássico para definir onda e partícula, e neste caso, a detecção em qualquer um dos detectores, D1 ou D2, pode ser associada a um percurso, não obstante a elaboração ondulatória para o objeto antes da medição, feita por Bohr com este experimento-pensamento. Como não é dado ontologia para o objeto antes da medição, suas considerações ondulatórias não prevalecem depois da medição, e o fenômeno é considerado corpuscular.

Apesar da sua concepção ondulatória, Schrödinger não se simpatizava com a noção do colapso. Preferia explicar a ocorrência deste fenômeno, seguindo o entendimento oferecido pelas duas últimas interpretações - a perda de coerência, no caso, dos componentes A e B das ondas.

A IQ-5, Informacional tem uma compreensão diferente em relação à tão propalada necessidade de uma descrição não-ambígua do fenômeno, assumida por Bohr. Este seu posicionamento, além de se afinar com a lógica clássica, operava contra o argumento realista de Einstein para o objeto quântico antes da sua medição (item 2.3.1). No entendimento da IQ-5, a ontologia do objeto quântico prevalece numa realidade cuja lógica transcende a clássica, onde um objeto pode ser x e y, simultaneamente, e a realidade aceita outro enfoque (item 3.1). Mais precisamente, o objeto quântico não é nem onda, nem partícula. É consciência ou proto-mente. E como tal tem a potencialidade de se apresentar como onda, antes de ser medido, como o próprio Bohr lança mão para explicar o experimento-pensamento acima a propósito de considerações sobre o experimento-4. E tem a potencialidade para se comportar como partícula, transferindo momento para outro objeto, como é caso da sua interação com o espelho, também citado por Bohr. Assim, não é que o ato de medição modifique o

objeto, para a Interpretação Informacional, mas sim que clama do objeto um dos seus comportamentos possíveis em decorrência das características do aparelho de medição e de uma interação diferente quando este ente encontra uma outra armação. Se recorrido a um critério clássico, o fenômeno é classificado como corpuscular; se referenciado num critério não-clássico, a propagação-manifestação do objeto quântico é dual, onda-E-partícula. E num critério quântico “informacional”, sua ontologia é nem uma nem outra mas, informação.

Na intenção de saber se o emprego do formalismo ajuda a esclarecer esta questão quanto à mudança que o ato de medir provoca no objeto quântico, monta-se o experimento-5 – no imã de Stern-Gerlach, em que se privilegia, ainda, o percurso corpuscular do quantum.

2.2.3.2 Experimento-5: quantização espacial e medição, no imã de Stern-Gerlach.

Este experimento serve para ilustrar o vínculo que a noção de colapso faz entre o formalismo associado aos estados superpostos observáveis e o registro da medição que a observação verifica. Há íntima correspondência entre o colapso do pacote de ondas, usada pela interpretação ondulatória, e o formalismo da redução de estado, utilizado pelas demais interpretações. A partir de 1927, a noção de colapso passou a ser associada à observação, de acordo com a sugestão oferecida por Heisenberg.

No experimento de Stern-Gerlach, um fino feixe de átomos de prata devidamente preparado, depois de atravessar um campo magnético não-homogêneo é projetado sobre uma placa de vidro, produzindo manchas no alto e embaixo, num fenômeno conhecido como quantização espacial. A placa de vidro pode ser substituída por uma dupla de detectores (D1 e D2) de não-demolição, que permite a continuação do fluxo dos átomos, após um registro de passagem. Sendo átomos desprovidos de definição prévia do seu momento angular, com relação ao eixo z, ao passarem, em alto vácuo, entre os polos N e S do eletro-imã, parte deles adquirirá momento angular associado ao polo norte e parte, associada ao polo sul e, assim, o seu momento angular em relação ao eixo z estará definido. No prosseguimento do fluxo, os primeiros passarão por D1, localizado acima, e os demais por D2, de localização inferior. O conhecimento sobre o objeto quântico, adquirido através do estudo dos experimentos anteriores,

permite inferir que aquele feixe de átomos, após atravessar o imã mas ainda antes da detecção, encontra-se num estado de superposição em relação ao seu momento angular. No momento do registro, metade deles será detectada em D1. Para certificar tal dedução - que todos detectados em D1 apresentam um momento angular +z (os que rumaram para cima, associados ao polo norte), coloca-se uma segunda dupla de detectores (D11 e D12) com a mesma disposição que D1 e D2, após terem atravessado D1. Isto é, D11 no alto e D12 embaixo. O resultado confirma que todos que os átomos dirigidos para D1, tem o momento angular +z ($l_z = +\frac{1}{2}\hbar$, onde $\hbar = \frac{h}{2\pi}$) porque, na seqüência, todos foram detectados em D11. O arranjo deste experimento permite estabelecer uma correlação entre momento angular e posição na placa, do tipo: momento angular norte com posição para cima e momento angular sul com a posição para baixo. A posição na placa ou no detector é o observável medido (fig.2.7).

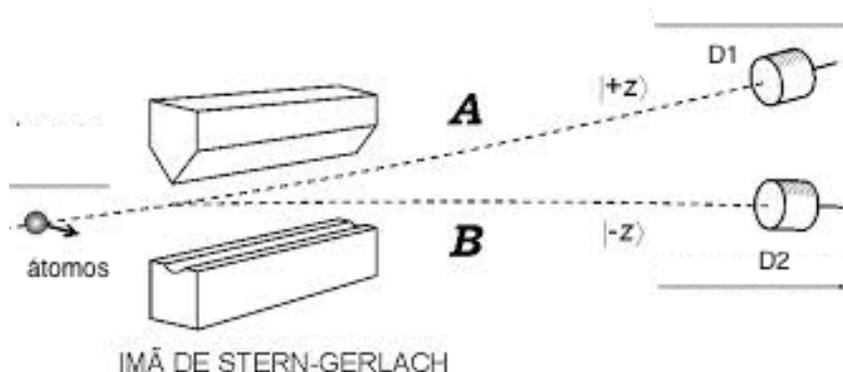


Fig. 2.7 – Quantização especial no ímã de Stern-Gerlach. (PESSOA, 2003).

Formalmente, a seqüência desta situação é representada pelas equações abaixo descritas: a primeira, 2.5, descreve o estado inicial, antes de atravessar o eletroímã, como uma superposição dos auto-estados. A segunda, 2.6, do estado intermediário, após a separação, mostra um acoplamento entre as variáveis do momento angular e de posição. A terceira, 2.7, representa o estado final quando o átomo é detectado. O valor de detecção com momento angular +z e -z é de 1/2 para cada, de acordo com o algoritmo estatístico, apresentado em forma de produto escalar de vetores, no espaço de Hilbert (2.8). Esta última equação (2.8) indica a probabilidade de se medir um observável e obter o autovalor associado ao auto-estado. É o módulo quadrado do coeficiente multiplicando o auto-estado. No caso, é o valor da probabilidade de encontrar o átomo com o momento angular-norte. A passagem de 2.6 para 2.7 descreve a redução de estado.

$$|\psi\rangle_{inic} = |\sigma_{+x}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\sigma_{+z}\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\sigma_{-z}\rangle \quad \text{equação 2.5}$$

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\sigma_{+z}\rangle \otimes |r_{+}\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\sigma_{-z}\rangle \otimes |r_{-}\rangle \quad \text{equação 2.6}$$

$$|\psi\rangle_{fin} = |\sigma_{+z}\rangle \otimes |r_{+}\rangle \quad \text{equação 2.7}$$

$$Prob|\phi\rangle(\gamma_i) = |\langle\phi_i|\phi\rangle|^2 \quad \text{onde } \gamma_i \text{ é um autovalor} \quad \text{equação 2.8}$$

Nos dois parágrafos acima, à descrição do fenômeno foi associado o seu formalismo matemático. De uma equação de onda reversível (2.5), que embute uma previsão probabilística para os observáveis, chega-se ao estado final, irreversível (2.7), medido de acordo com o cálculo probabilístico (2.8). A pergunta, se o ato medir provoca alguma mudança no objeto quântico é retomada, agora, mediada pelo formalismo associado a cada uma das fases do fenômeno, tipicamente corpuscular (referenciado na propagação de um fino feixe de átomos, com trajetória bem discriminada, de acordo com o critério clássico da Interpretação da Complementaridade).

A Interpretação Ondulatória, que ajusta uma realidade formal ao seu objeto quântico ondulatório, invoca a noção do colapso súbito para explicar o fenômeno. Naquele congresso de Solvay de 1927, Einstein propôs um experimento-de-pensamento em que um pacote de onda incide em uma fenda e, difratado, passa a ser representado por uma onda esférica. Se $|\varphi|^2$ é a probabilidade de encontrar uma partícula em certo lugar, num determinado instante, para ela não produzir uma ação em dois ou mais lugares de uma tela fosforescente circular que funcionasse como anteparo detector, num mesmo instante, teria de haver um mecanismo de ação à distância muito singular, que coibisse um colapso múltiplo daquele pacote de onda. E esta ação à distância especial teria de ser não-local para não conflitar com a teoria da relatividade que proíbe a transmissão de sinal instantâneo. É preciso não esquecer que realidade para esta interpretação é a do

espaço de configurações de N dimensões - portanto, um espaço formal. Assim, é uma interpretação realista (formalismo como realidade, embora formal), que considera a teoria quântica completa.

As demais interpretações, por admitirem uma condição corpuscular para o objeto quântico, não enfrentam o problema da Interpretação Ondulatória que explica a manifestação pontual através deste colapso de onda superpostas para uma região mínima do espaço.

A IQ-2, Corpuscular, dos coletivos (*ensemble*) estatísticos, explica o caráter probabilístico apenas como decorrência da nossa ignorância. A grande coleção de átomos que atravessou o campo do eletroímã dividiu-se em dois estados referente ao momento angular do eixo z (equações 2.5 e 2.6). Cada átomo fica com a sua condição já estabelecida, nesta travessia, mas somente conhecida quando medida. Portanto, para esta interpretação, a medição **não** gera mudança no estado do átomo, o que muda com a redução de estado é o nosso conhecimento a seu respeito. A interpretação do *ensemble* leva em conta um conjunto de objetos e, portanto, o estado quântico do objeto individual é uma descrição incompleta. Se completa, permitiria o conhecimento do estado do feixe, antes da medição. Por isto, é uma interpretação epistêmica (o formalismo é mero informador) que considera a teoria quântica incompleta.

No entanto, observando outros detalhes próprios deste experimento, há indícios de mudança no objeto quântico com a medição. O feixe de átomos que entra num primeiro eletro-ímã (Stern-Gerlach-1, ou SZ-1, com D1 e D2, para detectar o momento angular em relação ao eixo z) para sofrer uma separação quanto à condição do seu momento angular no eixo z , já fora preparado antes para ter seu momento angular, no eixo x , como $+x$. Na sequência, ele atravessa uma segunda dupla de detectores (SZ-2, com D11 e D12, para o eixo z), sendo todos detectados no D11, que acusa o momento angular $+z$. Se esta segunda dupla for substituída por outra dupla de detectores que detecte o momento angular x (SZ-2, com D11 e D12, para o eixo x), serão encontrados átomos com momento angular negativo no eixo x ($-x$). Isto indica que o processo de medição não meramente seleciona um sub-coletivo do conjunto inicial, mas altera o estado do átomo, fazendo constar propriedades não contidas no conjunto inicial.

Para a IQ-3, Dualista Realista, toda medição envolve uma determinação da posição do objeto quântico, que seria a detecção da partícula em algum lugar da onda-piloto. Esta onda, como o campo ψ que guia a partícula, sofre flutuações violentas na interação com o aparelho de medição, alterando de forma incontrolável o momento e a posição da partícula. As reduções de estado resultam, portanto, sempre num auto-estado de posição. Mas a descrição do estado é incompleta porque faltam parâmetros ocultos. Porque o formalismo retrata a realidade deste objeto dual, esta interpretação é realista, mas porque faltam parâmetros ocultos à descrição deste estado quântico, considera a teoria incompleta.

Para a IQ-4, da Complementaridade, o estado $|\psi\rangle$ é apenas um instrumento matemático útil para realizar cálculos e obter previsões. O estado quântico, cuja determinação de posição é probabilística, é a descrição mais completa do objeto quântico individual, diferente do *ensemble*, para qual cada objeto já tem a priori uma definição bem nítida, mas de nós desconhecida. Tal como a Interpretação Corpuscular, a Interpretação da Complementaridade é epistêmica, entendendo que o $|\psi\rangle$ descreve tão somente o observável. Nada há além deste formalismo. Nenhuma realidade subjacente ao observável. Então, a redução brusca e imprevisível do estado quântico apenas reflete o distúrbio incontrolável que o aparelho de medição exerce sobre o objeto. Assim, epistêmica, toma a teoria quântica como completa. A detecção pontual, resultado da ionização individual da tela, no fenômeno ondulatório ou no corpuscular é explicado pelo postulado quântico.

A IQ-5, Informacional, toma o estado quântico $|\psi\rangle$ (as equações acima mostradas) como instrumento de cálculo que permite previsões probabilísticas verificáveis e, assim, funciona como linguagem (matemática), a melhor por enquanto, para traduzir a realidade quântica no registro macro da medição (equação 2.8). O formalismo quântico é a ponte entre a realidade da consciência e a realidade objetiva. Ajuda o ser humano a fazer outra tradução, a desta realidade no entendimento linguístico para que, através da comunicação, construa o conhecimento científico, próprio do mundo 3 de Popper – o da cultura (os outros dois são o da matéria e o da mente) (item 3.6). Portanto, para esta interpretação, o formalismo do estado inicial (equação 2.5) é epistêmico porque

traduz em linguagem matemática a realidade quântica, que é essencialmente informacional, ou seja, a realidade da consciência, que ainda não pode ser acessada de outro modo que não este, o matemático. Mas a teoria ainda é incompleta porque precisa explicitar o fenômeno mental embutido no seu formalismo, que poderá vir a ser ampliado com a introdução mais explícita do fator mental. A onda informacional carrega o catálogo de leis e princípios, orientando organicamente o resultado da redução de estados, na interação da medição, já que tanto o átomo de prata, deste experimento, como os átomos do aparelho são, em última instância, quânticos.

2.3 3ª Fase: A (In)completeza da Teoria Quântica – Realistas Versus Epistêmicos.

2.3.1 Einstein e Bohr e o dilema quântico nas Conferências de Solvay

Bohr, maestro regente daquele segundo movimento da mecânica quântica, o da sua formulação matemática, opera solução onto-epistemológica, pelo menos provisória. Desfaz qualquer intenção de acessar aquela instância do formalismo matemático como realidade, considerando esta, portanto, esvaziada de fenomenologia física. Nasce a Interpretação de Copenhague – já exposta junto com os experimentos acima citados, com a denominação de IQ-4, da Complementaridade. Sua teima em descrever o sistema quântico de maneira não-ambígua, compatível com a lógica clássica, sustenta-se no princípio da complementaridade, proposto por ele, coerente com a expressão – ora corpuscular, ora ondulatória – do fenômeno. Além do princípio da complementaridade, apoia-se no princípio da incerteza para afirmar que nem a teoria nem a medição produzem acesso àquela instância formal, puramente epistêmica, o que, ao ser ver, está afinado com a função da física: “é um erro pensar que a tarefa da física é descobrir como é a natureza. A física se preocupa com o que podemos *dizer* a respeito da natureza” (HERBERT, 1989). De acordo com este enfoque, na física quântica, qual ilação seria mais pertinente? 1) A ontologia limita a epistemologia porque ser incognoscível, esconder-se, é uma propriedade da natureza. 2) a epistemologia não acessa a ontologia devido à singularidade do aparelho mental humano. Pode até mesmo esta última hipótese explicar a primeira, indicando estreita relação de inter-dependência entre epistemologia e ontologia (item 3.4). Como que, mesmo tendo a natureza uma

realidade independente – como quer o realismo –, esta não seria captada pelo ser humano? Mas seria diferente se o desconhecimento fosse decorrente da carência de instrumentos complementares, que o tempo e o desenvolvimento tecnológico acrescentarão, ou até mesmo de outros desenvolvimentos humanos não expectados na atualidade.

Einstein reage, reclama e apela para a ironia: “A filosofia - ou religião - tranqüilizadora de Heisenberg-Bohr é tão decididamente antinatural que, por hora, fornece um travesseiro macio para o *crente* verdadeiro, no qual não será facilmente acordado”. Após a frase de efeito meramente retórico, recorre à sua privilegiada inteligência para se opor à escola dinamarquesa, no campo da argumentação. Mas a cada nova proposição, o fiel cão de guarda de Copenhagen apronta defesa. O primeiro palco para os dois gigantes da física mostrarem seu arsenal de idéias e de criatividade é a 5ª Conferência de Solvay, de 1927. Em cada *round*, um pensador parece vencer. O outro, mesmo abatido, reencontra ânimo para não desistir e vence a seguinte peleja. Aparecem as célebres frases: “Deus não joga dados”. E, “você não acha que deveríamos ser cautelosos ao usarmos a linguagem ordinária para atribuir propriedades a Deus”?

Neste primeiro debate, Einstein tomava a física clássica como referência para afirmar a incompletude da teoria quântica. Para isto precisava destruir os argumentos da interpretação ortodoxa de Copenhagen, que defendia o contrário. Uma teoria para ser completa deve contemplar todos os elementos do sistema físico abordado. Exemplo citado é o tratamento do momento e da posição de um objeto pela da mecânica clássica. Conhecidas as condições iniciais e as forças que atuam no sistema, é possível calcular estas grandezas em qualquer instante futuro, ou passado, do objeto considerado. Ou seja, elas existem, têm realidade, mesmo antes de serem calculadas, e a teoria dá conta deste serviço. O mesmo não acontece com o mundo atômico, de acordo com a teoria vigente. Einstein, realista, queria sua existência validada por uma teoria afinada com a concepção clássica. Bohr, exaltando o indeterminismo do momento e da posição da partícula, acreditava que a quântica demandava uma física particular.

Conjugando princípio da complementaridade com princípio da incerteza de Heisenberg, visava Bohr provar a inviabilidade da coexistência do padrão de interferência (próprio do comportamento ondulatório) junto com o estabelecimento

de uma trajetória claramente definida (próprio do comportamento corpuscular) para o objeto quântico. Isto garantia manifestação não-ambígua da partícula. Por exemplo, no experimento da dupla fenda, ou o quantum estava lá na tela, produzindo o padrão de interferência, ou ele era localizado passando por uma das fendas, sendo definido como partícula, com comportamento corpuscular. Com tese oposta, tentava Einstein fornecer realidade física à partícula, de maneira indireta. Ou seja, ela teria existência, tanto na tela, como fenômeno, como lá na fenda, por mensuração indireta. Com este intuito, Einstein acrescenta a experiência de pensamento, sugerindo que a medição do momento da fenda – o impacto produzido nela pelo objeto, caso ela estivesse sustentada por molas – dava a conhecer por que fenda a partícula havia passado sem que fosse lhe provocado qualquer distúrbio próprio de uma mensuração direta. Assim, a trajetória da partícula era conhecida sem se desfazer o padrão de interferência. Bohr não aceitou o argumento. Justificou que, por a fenda também estar sujeita ao princípio de incerteza, qualquer medição de sua velocidade implicaria inexatidão na determinação da sua posição, e com a passagem ali de vários objetos um balanço expressivo da posição das fendas quebraria o padrão de interferência na tela de projeção. Revisando o experimento-4, “usando o detector de não-demolição no interferômetro de Mach-Zehnder” (item 2.2.3.1), constata-se que o seu mote é este primeiro aspecto da divergência entre os dois físicos.

No segundo debate, também em Solvay, na 6ª Conferência, em 1930, Einstein tenta uma vez mais, desbancar a Interpretação da Complementaridade, que insistia em afirmar a inviabilidade do cálculo simultâneo, com exatidão máxima, das pareadas grandezas, momento e posição. Substitui este par por energia e tempo. Caso prevalecesse o entendimento einsteiniano, a tese da Conferência anterior estaria comprovada, isto é, que havia realidade para o objeto quântico antes da sua mensuração e, portanto, a teoria quântica era incompleta, já que o seu formalismo não contemplava tal resultado. Mas Bohr, com dupla vitória, inclusive usando, nesta conferência, os recursos do adversário - sua reconhecida e bem-sucedida teoria da relatividade geral –, obrigou Einstein a rejeitar parte da sua tese – a impossibilidade da mensuração simultânea destas grandezas pareadas. Admitiu, a contragosto, que a medição de uma causava distúrbio incontrolável na outra, mas não abriu mão da ideia de seus valores

existirem a priori, independente da medição, em defesa do seu realismo. Ou seja, seguia na convicção de que o impedimento não era dado pela natureza, mas por nossa limitação na realização de tal operação, e, consequência: a teoria quântica, naquele estágio de conhecimento, era incompleta.

2.3.2 O Advento do EPR e os Seus Desdobramentos até o Teorema de Bell e o Experimento de Aspect

Esta frustração fomentou a elaboração de novo e mais sofisticado experimento, de novo mental, com a colaboração de Podolsky e Rosen, que foi publicado na *Physical Review*, em 1935, quando já radicado em Princeton. O EPR, como este experimento ficou conhecido, por usar as iniciais dos seus autores, além de tratar do emaranhamento quântico de duas partículas, tal como já o fizera o famoso experimento do gato de Schrödinger, também pensado para combater a ortodoxia de Copenhagen, questiona a ação não-local instantânea (em cuja existência a teoria do colapso quântico assenta-se), frontalmente contrária a teoria da relatividade que estabelecera na velocidade da luz, o limite superior para troca de informação, na natureza.

A elaboração do EPR vestia, uma vez mais, a ideia central de Einstein. Um objeto de qualquer sistema clássico ou quântico tem, em todos os instantes, seus valores de momento e de posição definidos a priori, como partes de uma realidade física. O argumento sutil e poderoso dos três cientistas provocou grande abalo em Bohr, esticando por três meses o aparecimento da sua réplica. O EPR impõe a localidade em detrimento da não-localidade, esta privilegiada na teoria quântica. Sua exposição e réplica ficam assim resumidas:

1) Situação do experimento EPR: considera-se uma partícula decaída que, transformada em duas – partícula-1 e partícula-2 - se afastam em sentidos contrários, com o mesmo momento linear e com uma distância semelhante, medida em relação ao ponto de partida;

2) Fatos:

- a. o EPR admite que quando se mede uma das grandezas pareadas, por exemplo, a posição da partícula-1, isto provoca uma interferência que impossibilita a medição do seu momento, conforme já fora bem argumentado por Bohr nos outros dois debates (5^a e 6^a Conferências de Solvay);
- b. o EPR admite o fato de que ao medir uma grandeza, como o momento da partícula-1, é possível conhecer o momento da partícula-2.

- 3) **Interpretação de Copenhagen:** os fatos 2a e 2b são explicados através de um princípio de não-localidade, que afirma haver um emaranhamento entre as duas partículas, de forma a constituírem um único sistema.
- 4) **Argumento do EPR contra a Interpretação de Copenhagen:** este acusa como inadequada a incorporação do entendimento do fato 2b, segundo a interpretação de Copenhagen, como parte da teoria quântica por implicar num paradoxo. O paradoxo consiste em atribuir a um caráter não-local o conhecimento simultâneo do momento da partícula-1 e da partícula-2, o que se confronta com a teoria da relatividade. Ter um valor próprio, mas desconhecido, desmonta o princípio da transmissão da informação por meio da não-localidade. E ainda, se o momento da partícula-2 tem existência independente e a teoria quântica não é capaz de conhecê-lo antes da medição, isto é também uma prova da sua não-completeza. Assim, a descrição da realidade física através das funções de onda, não contempla a realidade.
- 5) **Argumento do EPR a favor da localidade:** o fato 2b é explicado através de um princípio baseado no realismo local. O fato de medir o momento da partícula-1 e, logo em seguida, ao medir o momento da partícula-2, verificar terem valor correspondente, é prova a favor do realismo. Isto demonstra que antes mesmo do momento da partícula-2 ser medido ele já tinha um valor e, portanto, também uma existência própria.
- 6) **Réplica da Interpretação de Copenhagen:** responde que a introdução de uma escolha do experimentador no ato da primeira medição indica uma atitude influenciadora no comportamento futuro do sistema, o que era indício do emaranhamento das duas partículas, enquanto não há medição, e favorável ao caráter não-local da mecânica quântica. Isto é, que algo se propaga instantaneamente entre as duas partículas. Como não havia realidade física para estas grandezas antes da medição, realidade é tudo aquilo que a mecânica quântica consegue descrever. Ainda, que este conjunto de partículas emaranhadas é distinto do aparelho de medição – quando submetido a um aparelho que mede sua posição é diferente de estar submetido a um que mede o seu momento – e devem os dois ser considerados como um único sistema quando o conjunto está em interação com o aparelho de medição.

Além de Einstein não aceitar os argumentos de Bohr, seu artigo-resposta, publicado na mesma revista, dividiu os físicos e os comentaristas. Por outro lado, Bohr, não tendo conseguido provar o contrário, admitiu a coexistência do seu paradigma com uma mecânica quântica incompleta. Esta nebulosa questão continuaria até 1964, quando John Bell apresentou seu teorema das desigualdades, favorável ao caráter não-local da mecânica quântica, mas já não encontrando em cena os principais oponentes. Einstein falecera em 1955, e Bohr, em 1962. O que estivera em jogo durante estes 30 anos fora a discussão em torno da defesa da teoria quântica, protagonizada pelas interpretações de sustentação realista contra aquelas de natureza epistêmica, ou positivista, encabeçada por estes dois titãs da física. Se Einstein se fazia acompanhado por Schrödinger, Bohr mantinha como aliados, na escola de Copenhagen, Born,

Heisenberg e von Neuman. Esta celeuma guarda tantas idiossincrasias que outros físicos, como David Bohm e De Broglie, apesar de no início defenderem a tese epistêmica, acabaram por aderir à argumentação realista, numa fase ulterior. No bojo desta discussão permanecia a necessidade de definir a condição de completeza da teoria quântica. Os epistêmicos consideram-na completa, enquanto os realistas, em sua maioria, a tem como incompleta. Einstein insistiu na necessidade de serem reveladas as “variáveis ocultas” do sistema, que deveriam introduzir quantidades adicionais não-observáveis, capazes de transformar a tese probabilística sobre a ontologia da natureza em afirmação determinista.

Não obstante permanecer inacabada a discussão se Einstein errou e se isto decorreria do fato de ter insistido no princípio da localidade ou se por ter defendido a realidade física independente da medição, é preciso enfatizar que sua obstinação com o EPR gerou novas proposições fundamentais para o atual entendimento da mecânica quântica. Pauli, em 1948, salientou que o estado quântico devia ser interpretado de maneira “epistêmica”, apenas como um instrumento matemático para se fazer previsões, e não como entidade real. Mas que apesar de a redução de estado ser não-local, isto não implicava em violação da condição de localidade, esta, sim, valendo na realidade. Pertencente à escola de Copenhagen, conjugava não-localidade com localidade, realismo com enfoque epistêmico.

Outra consequência do EPR foi a proposição de David Bohm e Yakir Aharonov, que, em 1952, criaram uma versão do EPR, factível de verificação empírica. Elaboraram interpretação causal em resposta a Bohr, substituindo os operadores de momento e de posição por operadores de spin. Uma molécula de H₂, de momento angular zero, dissociada em dois átomos de hidrogênio, se propagam em direções opostas e tem um dos seus componentes de spin medido num destes átomos. Se um deles é + ½ o outro será - ½, no eixo z, por exemplo, porque sua soma teria que apresentar resultado nulo. E ainda, seus componentes do spin, estavam submetidos ao princípio da incerteza, tal como o momento e a posição. Isto é, ao se conhecer seu componente z, os outros dois, x e y, tornavam-se indefinidos. Estes átomos, por se distanciarem muito um do outro, tornam-se objetos que restringem os efeitos das ações puramente locais e,

viabilizando um experimento concreto em que as correlações emaranhadas do EPR, como sistema em que suas partes estão espacialmente separadas, permitem a discussão dos argumentos e conclusões envolvendo localidade, separabilidade e completeza. Mantém questão similar: são elementos da realidade estes três componentes do momento angular? Tanto Einstein quanto Bohm perseguem resposta afirmativa – tais elementos correspondem a uma quantidade física, que se pode prever com certeza, ou seja, com probabilidade igual a um. Querem demonstrar que os pedaços de matéria têm propriedades próprias. E Bohm já ostentava feito positivo por ter descoberto erro no argumento de von Neuman, quando este quis provar que as variáveis ocultas admitidas por Einstein eram incompatíveis com uma mecânica quântica incompleta.

Bell se apresenta para formar um trio com os outros dois físicos, visando a elaboração de um teorema estatístico para provar a veracidade do entendimento baseado no realismo local. Ele introduz três mudanças no EPR de Bohm. 1) Os ângulos entre os componentes x , y , z , do spin, não são perpendiculares entre si, mas são quaisquer. 2) Introdução de tomadores-de-decisões-aleatórios na frente dos 2 aparelhos – aqueles que medem os componentes de spin da partícula-1 e da partícula-2, de forma que o tomador-de-decisões-aleatório próximo da partícula-1 dá o sinal de qual dos componentes do spin desta partícula será calculado, mas este sinal demora um tempo para chegar na partícula-2 e assim não é o seu sinal que determina qual componente de spin da partícula-2 será medido. Isto é feito pelo tomador-de-decisões-aleatório próximo da partícula-2. Não é pelo caminho da localidade que isto é determinado. 3) O experimento é repetido várias vezes, a fim de criar base de dados para aplicar uma análise estatística. Baseando-se na expectativa de certas relações estatísticas de desigualdade (as desigualdades de Bell), o paradigma de Einstein seria confirmado. No entanto, para sua surpresa, estas relações estatísticas não são satisfeitas, quando calculadas com base na mecânica quântica. Este fato, que vem a ser o teorema, viola as desigualdades de Bell e funciona como um teste que nega a premissa do realismo local, do EPR. A mecânica quântica viola as desigualdades de Bell, e com isto reprovava o realismo, reprovava a localidade, ou até ambos.

Em 1982, Alain Aspect realizou o experimento teste de Bell. Sua conclusão: “nossos resultados, em excelente conformidade com as predições da mecânica quântica violam fortemente as generalizadas desigualdades de Bell, e descartam toda espécie de teorias locais realísticas” (ASPECT, 1981a; MALIN, 2003). Isto por demonstrar que é mantida uma correlação entre as funções de onda de duas partículas pareadas mesmo que separadas a grande distância, como se fossem partes de uma mesma função de onda não perturbada até que se faça a medida de uma delas. Há, então, de acordo com Bell-Aspect, um descompasso entre o paradigma de Einstein do realismo local, que é o ponto de vista do senso comum em relação ao nosso mundo, e o paradigma contraintuitivo de funcionamento da natureza, próprio do microcosmo. Este experimento quebra de novo a mudança de conceito de completeza que Einstein introduzia com o EPR. Ele alegara que um sistema completo implicava numa auto-função diferente para cada grandeza (WHITAKER, 1996, p. 224).

2.3.3 O Cenário Atual da Mecânica Quântica

Estaria, então, a mecânica quântica violando a localidade, o realismo ou ambos, e assim, requerendo uma física distinta, uma compreensão inusitada da natureza? O que seria violar a localidade sem violar aquilo que era sagrado para Einstein – o impedimento de haver transmissão de sinal numa velocidade superior à da luz, segundo a teoria da relatividade? Não são sinônimos? Não. A rigor, a física quântica não viola este princípio, porque transmissão de influências é diferente de transmissão de sinais. Com as primeiras, um observador pode apenas medir, ou seja, funcionar como agente passivo. Recolhe a informação que ali se apresenta, como decorrência de um funcionamento orgânico da natureza, mas não consegue transmiti-la na instantaneidade do ato, como ocorre com as influências. Quem fez esta diferença entre transmissão de influências instantaneamente e a transmissão de sinais afinada com o limite de velocidade imposta pela luz foi Henry Stapp (MALIN, 2003, p. 84).

Mesmo que ainda parem dúvidas se a localidade foi deveras violada pela física quântica, porque há quem alegue haver pressupostos, passíveis de questionamento, para qualquer derivação das desigualdades de Bell, é preciso interrogar a viabilidade de um realismo sem localidade. Mas o que seria isto?

Como conceber o desdobramento da pesquisa quântica, levando em consideração os feitos de Bell-Aspect (apesar de não totalmente conclusivo para alguns), já que ele produziu provocante abalo na localidade? Além do realismo com localidade e mecânica quântica incompleta, defendido pelo EPR, e em sua oposição, o enfoque epistêmico de uma teoria quântica completa, com não-localidade, próprio da interpretação de Copenhague, haveria outras combinações de acordo com os parâmetros elencados? Sim, a versão da mecânica quântica desenvolvida por Bohm-De Broglie (mecânica bohmiana), apesar de realista e de conceber uma teoria quântica incompleta, aceita uma realidade não-local. E o enfoque dos muitos mundos de Everett, em que se apoiando numa versão realista, com localidade, e teoria completa, prescinde de considerações em termos de colapso e de separabilidade. Mas deveria ser este o destino da ciência mais dura da natureza, a de ter uma teoria cujo entendimento carecesse de interpretações, que apesar de abalizadas, não deixam de ser opiniões? Deveria dar este passo regressivo, na visão de muitos, já que depois de ter alcançado os píncaros da glória – em decorrência do seu sucesso preditivo calcado no determinismo físico – e brilhado incontestemente para todos aqueles admitidos pelo clube?

Como não foi possível constatar a reação dos dois principais protagonistas desta discussão, já falecidos por ocasião do teorema e do experimento da dupla Bell-Aspect, é pertinente deslocar a questão para um dos remanescentes desta tertúlia acadêmica. Nathan Rosen, um dos parceiros de Einstein, assim se manifestou: “Quais são as perspectivas de encontrar uma teoria satisfatória que dará uma descrição completa da realidade? Não se deve ser excessivamente otimista. Parece que uma tal teoria não será obtida por meio de uma modificação simples da mecânica quântica, tal como o acréscimo de variáveis ocultas. Se algum dia a mecânica quântica for substituída por uma outra teoria, é provável que isto implique mudanças revolucionárias em princípios e conceitos – talvez até mesmo mudanças em nossos conceitos de espaço e tempo. Nesse caso é possível mesmo resultar que a questão colocada pelo artigo [EPR] – é a descrição da realidade física completa? – não tenha mais significado, ou que tenha de lhe ser dada uma interpretação diferente. As consequências de uma

revolução na física são difíceis de prever” (ROSEN, 1968apubMALIN, 2003, p. 86).

2.3.4 Realismo Dualista: Quântico Transcendental e Clássico Imanente

2.3.4.1 A Peleja Filosófica entre Idealismo e Realismo Reatualizada no Cenário Quântico

Se Einstein, por tomar como heurística a descrição probabilística da teoria quântica, afirmando realidade para a função de onda, é considerado um realista, não me parece tão fácil, seguindo critérios similares, classificar a posição de Bohr. Sugere ser kantiano ao admitir uma realidade independente e inacessível, ou até um neokantiano, quando a abordagem desta instância adquire tratamento matemático. Pode encaixar-se como positivista, na medida em que valoriza, como realidade, apenas o observável. Ou platônico, se esta realidade dos números contiver ontologia abstrata e ideal. Sua visão de mundo parece admitir esta instância independente do sistema quântico, como a numênica coisa-em-si, e a redução de estado, como a misteriosa ponte de passagem que liga aquele sistema à realidade fenomênica. A mecânica quântica, para Bohr, criara uma fronteira entre esta instância independente – inacessível ao conhecimento, constituída de inefável probabilidade com indeterminismo – e a nossa habitual descrição clássica do mundo.

Seguindo o enfoque kantiano, nossas teorias, ao traduzir o mundo, carimbam neste texto as características e habilidades dispostas no aparelho mental humano. Embutem, portanto, os sintéticos a priori, como espaço, tempo e causalidade, que funcionam como réguas, compassos e relógios, próprios da espécie, a metrificarem o mundo. Logo, é inevitável que ele seja mensurado em metros, radianos e segundos. Neste sentido, talvez a solução do nebuloso impasse da teoria quântica dependa mais de uma ampliação do conhecimento da mente, ou da própria mente, do que do entendimento que esta mente tenha do problema. No atual estágio, a mente pode estar impregnando outros adicionais na descrição da natureza decorrentes de sua própria limitação. Não seria, então, o caso de pontuar a mente humana como o principal protagonista na solução deste nebuloso impasse da teoria quântica? (item 2.3.1).

Não disponho de tanta certeza para classificar Bohr como platônico. No entanto, caso houvesse um filósofo que tomasse o vetor de estado como inacessível apenas ao saber da física, mas não a outro tipo de saber, como por exemplo, a um de feição idealista, este deveria ser também considerado um realista, já que para o idealismo aquela instância é tida como a verdadeira realidade? Não, não seria, porque é justamente esta diferença sobre o conceito de realidade que distingue um do outro. Mas se tal filósofo, ou físico como Pauli (item 2.3.2), também assumisse como verdadeiro este mundo no qual o vetor de estado se colapsa, que tipo de realista ele deveria ser classificado? Seria pertencente a um realismo relativista ou dualista – cuja realidade, de caráter dual, dependeria do enfoque para se evidenciar como tal? Faço este aparte na intenção de retomar aquele dilema, tema de acalorada discussão entre os filósofos – mais especificamente entre realistas e idealistas – para pontuar novo entendimento sobre a realidade, somente viável nestes tempos, graças aos profícuos impasses engendrados pela revolucionária física quântica. Refiro-me à realidade, que era defendida como transcendente pelos idealistas e como imanente pelos realistas. O que a comunidade científica, atordoada, assiste, de forma impactante, nestes tempos, é a acuidade do seu conhecimento apontar para a possibilidade de coexistência de ambas – da realidade transcendente, como esta do mundo numênico, em que o formalismo matemático da função de onda opera, e da realidade imanente, evidenciada pela física clássica, corroborada pelos densos sentidos humanos. Quem sabe esta polêmica ponte, que reduz aquela pluripotencialidade de estados, através de matemática probabilística, impalalável para o confortável e não-ambíguo mundo clássico, estabelecendo o trânsito entre as duas realidades, durante a medição, guarde tanta incompreensão e mistério por conta da singular e difícil tarefa que tem por função realizar? Isto é, a função de promover o diálogo entre dois mundos tão híbridos, tidos até então pela filosofia como antagônicos e até mesmo excludentes, embora pontuados pelo mesmo determinismo. Por isto mesmo, não há como exigir muito desta precária ponte que *improvisa* o trânsito entre transcendência e imanência, assim, de forma canhestra e sofrível. (item 2.3.1). Ainda caberia considerar que o realista Einstein e o epistêmico Bohr estariam reatualizando, agora no campo da ciência, apoiados na mecânica quântica, mas ainda precisando, é certo, da filosofia (das *opiniões credenciadas*), a antiga peleja para lhes dar outro destino, talvez uma solução.

O mundo transcendente, tangenciado pelo imanente através desta tênue e quebrada linha que, instada a manter um pé num lugar e outro num *não-lugar*, como é pedido a qualquer intérprete, é obrigada a descartar o determinismo que impera nos dois. Um mundo parece ser o da realidade não-local, incognoscível, da função de onda, enquanto o outro, o do seu colapso. Na fronteira, a redução probabilística. Este realismo dualista, elaborado, conjugando tal formalismo com filosofia, há de incluir realidade local e realidade não-local, e não repetir a atitude de escolher por exclusão, presente na celeuma dos filósofos idealistas versus realistas.

Porque o limite do conhecimento científico do século XIX não permitia desvelar a natureza da matéria, Kant enveredou-se pela via da perquirição filosófica. Impotente, também não conseguiu afirmar sua natureza como corpuscular ou contínua. Deparou-se com o indecível, que denominou de antinomia da razão, pela evidência de argumentos racionais capazes de sustentar tanto a tese quanto a antítese da questão contemplada.

2.3.4.2 Ambinomia, o Indecível Contemporâneo.

Desta forma, adentrando, com mais conhecimento, a intimidade da matéria, aquele dilema sobre a sua natureza – se contínua ou descontínua –, acabou por se transferir para a atualidade. No início do século passado, Einstein, através do estudo do movimento browniano e Bohr, com o modelo semi-clássico do hidrogênio, explicando sua assinatura espectrográfica, acrescentaram avanço indubitável em favor da confirmação da hipótese atomista e, assim, da natureza descontínua da matéria. No entanto, os mesmos cientistas quânticos, agora representados por Einstein e De Broglie, *vacilam* sobre este quesito, quando incluem a condição corpuscular e ondulatória, como próprias dos bósons e dos férmions. Não fazem escolha porque esta não é cabível. O indecível, aqui, deve continuar, mas não por falta de conhecimento ou por permissão da argumentação filosófica, mas, sobretudo, em decorrência da conquista de conhecimento.

Se à matéria e à radiação, ao elétron e ao fóton, como representantes elementares das entidades da natureza, cabem a condição simultânea de onda e de corpúsculo, a primeira como entidade contínua e espalhada, e o segundo como entidade descontínua e localizada, o que este indecível contemporâneo

tem a ensinar? Será que a discussão de Einstein e Bohr não tocam de novo este ponto, por decerto já esclarecido, como decorrência da necessidade de mais aprender? De, em reafirmando o já sabido, fazer avançar para ilações ainda não consumadas mas já presentes naquela primeira informação atordoante da natureza sobre a dualidade onda-partícula? Quando Einstein queria vincular às duas grandezas distintas, momento e posição, manifestados classicamente nos objetos pontuais, como matéria descontínua que são, funções de onda também distintas vigendo no sistema quântico, não estava tocando o mesmo tipo de indecível? Não estaria ele – logo ele que fez por bem nos ensinar que à luz não tínhamos que acoplar uma única natureza distinta, corpuscular ou ondulatória, mas sim admitir sua dupla condição, por mais bizarra que tal proposta pudesse parecer – querendo retornar à questão? Sim, mas os fatos empíricos já haviam preponderado em oposição ao nosso desconfortável senso intuitivo. Bohr defendia que no sistema quântico estas duas grandezas estavam representadas por uma mesma função de onda. São um OU dois? Ou são um E dois – o momento e a posição? Permito-me uma resposta anacrônica, a favor da segunda hipótese: na transcendência são um E na imanência são dois. Isto é, na potencialidade do sistema quântico são um, mas na expressão física da realidade clássica são dois. Talvez seja vislumbrada no portal destas questões um inusitado mundo novo que se desponta, a ser figurado por diversos meios. Permito-me também uma brincadeira séria através das relações desafiadoras entre unidade e dualidade, entre o um e o dois, ou em termos filosóficos, entre o monismo e o dualismo.

Para tanto, trago à tona aquela celeuma que vem desde os tempos de Newton, que assumia defesa do caráter corpuscular da luz, contra o testemunho experimental de Young, que provou ser ela ondulatória – uma prova provisória!!! A história é conhecida: Einstein prova que ela é também corpuscular. Cabem as duas condições. A luz não tem apenas UMA natureza, mas DUAS. O mesmo é válido para o elétron, já repetido acima. E os dois, radiação e matéria, fóton e elétron, bósons e férmions são *um* mesmo ou são *dois* distintos? Tome, ainda, que bóson e férmion se transformam um no outro: um núcleo radioativo, feito de massa fermiônica, emite radiação bosônica. Férmions, como elétron e pósitron, fundem-se gerando fóton. E fóton se desintegra gerando elétron e pósitron.

Matéria e radiação são entidades interconvertíveis. Caberia, ainda, a pergunta, quando ou onde são um, e quando ou onde são dois? Num plano, são distintos e noutro, não. Seriam este dois planos, aquele da transcendência e este da imanência? E estes dois planos são o mesmo ou são diferentes? A resposta dual, também redirecionada à assinatura indistinguível das partículas, bósons e férmions, se ondulatória ou corpuscular na sua manifestação, haveria de ser relativizada em dependência das circunstâncias. Mas estas circunstâncias podem ser construídas pela escolha humana. E voltaria, de novo, a mesma pergunta básica: este humano e aquele objeto, matéria-radiação, são *um* mesmo ou são *dois* diferentes? A quem estes indistinguíveis nos instam?

Dividindo este cenário, caberia mais conhecimento específico, de física, como queria Einstein com suas variáveis ocultas não observáveis, para apor ontologia ao sistema quântico, ou caberia outra ordem de saber para organizar a epistemologia? Se Kant estabeleceu as antinomias ao se deparar com o indistinguível filosófico, neste momento sugiro as *ambinomias* para lidar com o indistinguível científico. A diferença fundamental entre estes dois conceitos assenta-se na conjunção opcional, o “ou” das antinomias, frente a conjunção aditiva, o “e” das ambinomias. Parece que Kant esperava o conhecimento da ciência para provar uma ou a outra alternativa, já que ele tanto valorizava a segurança do saber da ciência newtoniana e da geometria euclidiana. Na contemporaneidade, o conhecimento científico inclui: é corpuscular e ondulatória a natureza da luz e da matéria. Não se trata de antinomia entre os pares antitéticos, mas de complementaridade que conduz à inclusão através da ambinomia. Não se trata de escolher entre transcendência ou imanência, de opôr idealista à realista, de contrapor monismo ao dualismo, mas de saber onde e quando eles se opõem e quando e onde eles se compõem. O processo ou o argumento de esclarecimento se assenta em base ambionica¹³. Quem sabe até mesmo a oposição Bohr-Einstein possa ser conciliada sob algum enfoque ambionico?!

¹³ A provocação capciosa tentaria encurralar o conceito ambinomia perguntando o que seria escolhido se o par fosse antinomia versus ambinomia, vislumbrando, talvez, a preferência pelo segundo, o que serviria como resposta contraditória. Mas eu seguiria dizendo que diante de tal confronto, o melhor tratamento ainda seria o ambionico, ou seja, não se deve excluir a antinomia. Em certas condições cabe a exclusão e em outras, a inclusão.

Se antinomia se constituiu devido ao pouco saber (científico), a ambígnia se apresenta devido a um salto de saber. O que isto tem a ver com o grau e atual conhecimento da mecânica quântica? Para Einstein, ela ainda era incompleta por lhe faltar conhecimento para descrever a realidade do objeto quântico, que continha ontologia, enquanto para Bohr ela era completa porque já descrevia a escritura da realidade quântica. Pergunto: escritura que seria feita de informação? Presumo que esta resposta conduz ao tema consciência.

2.4 4ª fase: da Revolução Propriamente Dita

2.4.1 – O Caráter Radical da Revolução da Mecânica Quântica

Para adentrar com mais propriedade no caráter da singular revolução quântica, três pontos da apreciação de Nathan Rosen sobre o EPR, após a demonstração do teorema de Bell, merecem ser destacados e comentados (itens 2.3.2; 2.3.3).

1) Será que sua falta de otimismo em relação à consumação de uma descrição completa da realidade dever-se-ia à incapacidade dos físicos e dos seus instrumentos, à incapacidade humana (do seu aparelho mental), ou como consequência da fugidia natureza? Einstein modificou sua compreensão de teoria completa em física a fim de, com ela, contemplar a mecânica quântica. Quis, primeiramente, provar não somente a viabilidade de mensuração das grandezas pareadas, como momento e posição, como também que elas pertenciam a uma realidade física, mesmo antes de serem medidas. Depois de admitir esta impossibilidade, pretendeu demonstrar que o sistema quântico teria uma função de onda independente para cada grandeza. Também não logrou êxito. Será que características específicas da mente humana, conforme já apontadas na configuração filosófica dos sintéticos a priori kantianos, não funcionam como filtros limitadores de uma absorção completa da natureza?

2) Parece cobrar ele uma dose maior de ousadia de quem perseguir tal objetivo, por considerar ser insuficiente a introdução de variáveis ocultas, como expectava seu colega Einstein. Chego a estimar que esta ousadia vincule-se à necessidade de estender as ditas variáveis ocultas para além do reino físico, com a inclusão da mente.

3) Admite que uma segunda revolução, ainda mais radical, dos conceitos de espaço-tempo, deveria estar submetida à direção da física quântica, para além daquela já operada pela teoria da relatividade. Isto poderia implicar numa drástica mudança de princípios na física, consoante àquele acréscimo, já defendido nesta dissertação, de assimilar-se o princípio mental, informacional, como entidade fundamental da natureza. Se o princípio protamente for jungido ao ente matéria-radiação, este protagonista trino é capaz de requerer do espaço-tempo algo mais do que apenas a sua figuração como palco para sua expressão. Este elemento mental, pode inclusive clamar para si esta estrutura, a fim de tecer aquela essência adimensional onde vige o objeto quântico. Se este contínuo e não-local espaço-tempo contiver, além da matéria e da radiação, o princípio mental, é crível que contemplar tudo isto numa ampla teoria seja façanha para uma inimaginável revolução no campo da ciência.

Se as revoluções anteriores vieram integrando física do céu e da terra, eletricidade e magnetismo, tempo e espaço, nesta concepção de uma extremada revolução para esta era, a unificação de onda e partícula seria apenas uma pálida imagem da unidade facultada pela mecânica quântica. No seu encaço ainda viriam a unificação da física com a química, já atestada através do desvendamento do átomo com os seus orbitais, da física com a biologia, para cujo funcionamento do DNA os princípios quânticos já se mostraram imprescindíveis. Mas, no enfoque desta dissertação, ainda restariam associações e integrações com a neurociência e com a psicologia na busca de explicação da consciência e, ainda, a proposição de uma teoria completa da natureza para ser capaz de descrever com propriedade o cosmo. Mas pode ser que o seu grande mérito como ciência unificada seja a prova da inviabilidade desta descrição, muito embora isto não venha significar parada de progressão do conhecimento. Só que ele, assimilando novos princípios do funcionamento desta natureza mental, apontaria para outros rumos da prática científica. Portanto, como vislumbra Rosen, as consequências de uma revolução assim, na física, são de difícil antecipação.

2.4.2 – O Conhecimento da Consciência Potencializa a Completação da Mecânica Quântica

2.4.2.1 A Mente Dual limita a Completação da Teoria Quântica

Há uma física bem comportada, isto é, determinista, tanto para os estados quânticos superpostos, U, como para os estados clássicos da matéria, C, que se contrasta com uma especial e problemática redução do vetor de estado, R, conforme já esboçada (item 2.3.4), tradutora da realidade quântica na clássica, a funcionar como a ovelha negra do sistema, devido ao seu caráter probabilístico. Proponho que para alinhar estes três estados numa única e harmoniosa teoria, vai ser necessário incluir a mente nesta equação. Para tanto, considerações específicas sobre a mente serão acrescentadas agora. Primeiro, num tratamento exclusivo, e em seguida, em associação com a física quântica.

O primeiro enfoque, nesta perspectiva autoral, indica que o avanço do conhecimento sobre a travessia do espaço-tempo convencional (incluso o relativista) para o singular espaço do objeto quântico *livre*, a fim de resolver a exceção não-determinista, própria desta fronteira, é suspenso pela mente humana ou, mais particularmente, pelo seu *modus-operandi*, que se sustenta em cima daquele princípio dual, citado na exposição do realismo relativista (item 2.3.4). Naquela seção, este dualismo específico, fomentado na lida com as questões ontológica e epistemológica, inerentes à mecânica quântica, foi desenvolvido primeiramente sob um viés científico que a dualidade onda-partícula¹⁴, com excelência, evidenciou. Depois, o raciocínio filosófico começou a demonstrar – e, aqui, ele será encaminhado para conclusão – que a irreduzibilidade deste princípio dual tem como destino certo a mente humana, porto de partida e de chegada. Nela estão estabelecidos impedimentos e limites **intransponíveis** para o conhecimento, seja o da realidade externa, que focaliza o objeto, seja o da interna, que visa a própria mente. O princípio dual que tem, na natureza, a dualidade onda-partícula, como um demonstrativo da sua irreduzibilidade, faz-se acompanhar de uma correspondência, na mente, que se apresenta no tão fadado instante desta proceder a leitura esclarecedora sobre o fenômeno quântico.

São perfiladas três ilustrações significantes do funcionamento deste princípio dualista na mente, a saber: a da linguagem, a da lógica e a da consciência, todas orbitando o eu.

¹⁴ Outros exemplos podem ser selecionados, como a divisão dos quarks na teoria da cromodinâmica quântica.

2.4.2.2 O Dualismo do Indivíduo Impregna a Cultura e a Ciência.

A linguagem, recurso imprescindível para a fundamentação do eu, apoia-se na analogia, fazendo cada objeto cognoscível ser representado por uma palavra e, se insuficiente, a própria palavra submete seu desvelamento à apresentação de uma segunda palavra distinta. O conhecimento do objeto remete à palavra, e o conhecimento da palavra a outra palavra, criando um círculo interminável de relações verbais – ponteiros e rótulos daquilo que, a princípio, contém ontologia. O domínio do eu sobre o mundo e, assim também, a sua auto-afirmação, são estabelecidos através da significação lógica do discurso, dirigida para os objetos de sua relação e assentada nos recursos verbais, propriedades do funcionamento do seu aparelho mental. Para isto prioriza-se as funções vinculadas ao hemisfério cerebral esquerdo, em detrimento daquelas associadas à sua contraparte, o hemisfério direito, de natureza imagética e emocional.

A lógica clássica do terceiro excluído, que funciona na base binária do verdadeiro ou falso, pode até parecer primar-se pela unicidade, na medida em que reserva à coisa apenas um dos predicados. Mas a proibição de fazer crescer as alternativas para além deste binarismo primário, como por exemplo, ser um pouco de cada ou até mesmo as duas alternativas simultaneamente (como admitido na ambínomia), não é suficiente para conter, em todos os contextos, a realidade do objeto. Se esta lógica, aliando o convencionalismo e o recorte, com a matemática, para efeitos práticos e representativos da relação do ser humano com a natureza, foi capaz de grandes feitos na ciência, mesmo assim, tal procedimento é digno de crítica, por revelar graves rachaduras se o conhecimento da realidade é o objetivo. Além de maquiar o objeto e de ser traída, com muita frequência, pela força ostensiva dos paradoxos, esta lógica evidenciou deficiências severas com a emergência da física quântica.

Além do sucesso restrito desta lógica para uso externo, no domínio da realidade física, também lhe faltou galhardia para abarcar a totalidade do funcionamento psíquico. Freud, que àquela época estruturava a teoria psicanalítica, já mostrara que o ego solar, consciente, não era senhor nem em sua própria casa, contraposto pelo inconsciente que demandava lógica diferente para lidar com suas criações, aquelas que, de ordinário, dominam e dirigem a sonambúlica entidade, exaltada desde o tempo das luzes – o ser racional. A

consciência é mais do que a fração consciente e superficial da função psíquica. O médico vienense, nesta denúncia, afinava-se com outros pensadores, que na filosofia, já vinham questionando a hegemonia não apenas da lógica clássica, mas também da lógica dialética – tendo como principais representantes, Platão, Hegel e a dupla Marx/Engels – e da lógica transcendental – desenvolvida, na modernidade, por Descartes, Kant e Husserl, conforme analisa Luiz Sérgio Sampaio. Os filósofos, que com sua crítica, demandavam uma abordagem ampliadora do logos, eram: Pascal, com a lógica do coração; Kierkegaard, que exaltava a lógica do paradoxo não resolvível; Nietzsche, com o eterno retorno do mesmo; e Heidegger reivindicando a presença do logos heraclítico para uma fertilização da lógica (SAMPAIO, 2001, pp. 17 e 20).

Apesar da ambição renitente do sujeito consciente de assimilar a univocidade de uma verdade para ser seu aurato, ele, paradoxalmente, precisou reconhecer – se é que o fez – o retumbante fracasso do projeto desta cultura incapaz de sobrepair-se, de saída, às ambigüidades dispostas pela emoção, desejo e discurso, que tanto caracterizam a condição humana. Para alinhar o processo evolutivo de uma ciência à realidade física, psicológica e social, há necessidade de arregimentar novos recursos que começam pelo conhecimento de si mesmo, enquanto indivíduo, enquanto espécie e enquanto cultura, cuja assimilação estará comprometida se a teima insistir no uso exclusivo ou predominante desta lógica binária, clássica, ferramenta do ser racional-consciente-discursante.

A consciência, por ser eminentemente consciência de algo, não se sustenta por si – assim parece se certificar o eu. Portanto, ela é dual, relacional. Precisa de objeto, que não sendo a si própria, em forma de autoconsciência, projeta-se no outro, desde os primórdios da estruturação da sua personalidade, neste outro que é mundo e porta-voz da cultura. No retorno, dialoga consigo através das representações mentais do outro introjetado. Autoafirmando-se, precariamente, com estes ingredientes mencionados, nos meandros de cada pensamento nascente – isto sou eu, aquilo é meu, mesmo que implicitamente –, o sujeito evita, quase que por instinto de sobrevivência psicológica, a unicidade da consciência, sob pena de o vazio consequente desta unicidade evidenciar a falta de ontologia do eu. Conclui-se que a vida psíquica do eu, através dos seus

intrínsecos instrumentos de expressão, assenta-se na dependência absoluta da dualidade. Se nela, então, todas as fichas são apostadas, à unidade atrela-se o nada. Vazio e morte. Mas é isto mesmo? Não há vida sem a afirmação dual deste eu mirrado?

Se no enfoque acima descrito, à dualidade tudo, já que a ela se credita toda a riqueza da subjetividade, não se deve parar aí por haver, ainda, o seu nadir. Neste, os recursos do eu dual e pensante – linguagem, lógica e consciência –, mais do que vestimentas a ostentar a grandeza do sujeito, são andrajos a desnudar sua carência de realeza. São eles débeis instrumentos de investigação para o conhecimento das duas realidades, a do objeto e a do sujeito, já que por sua natureza dual transformam estes objetos de pesquisa em duais também. Esta veste traz consigo uma estrutura psíquica, que é a medida e o limite do cognoscível – em consonância com a consequência da admissão dos sintéticos a priori. Óculos azuis azulejam o mundo. Se este dualismo intrínseco à natureza da mente é irreduzível e se projeta no mundo investigado, ele impõe uma fronteira ao conhecimento, que sugere intimidade com a recusa de Bohr de dar realidade ao objeto quântico, porque este maximamente pressionado dissolve-se em expressão matemática, nada mais do que um espelho a refletir a própria mente. Neste sentido, é completa a teoria da mecânica quântica. No entanto, haveria mais desenvolvimento na sua teoria com inclusão da consciência na sua equação, como variável estranhamente observável.

Como Bohr insistiu em explorar esta realidade apenas com recursos que a física tinha a oferecer, deu a César o que é de César – princípio da complementaridade, consoante ao dualismo, a sustentar o mundo material não ambíguo, regido pela lógica clássica – e à mensuração da travessia e à própria dimensão quântica do objeto, nada além de equações matemáticas, como dignas representantes da ideia epistêmica. Vinculou ao objeto quântico uma única identidade – ou onda ou partícula, refutando condição corpuscular quando o seu padrão de interferência era demarcado na tela da dupla fenda e vice-versa. Firmando, mais ainda, sua posição anti-ambiguidade, negou realidade para o sistema quântico – o que contraria qualquer intenção de classificá-lo como idealista puro – prescindindo de considerar, até mesmo ali, uma dupla identidade para a substância quântica, através da matemática, ao destinar apenas uma única

função de onda para as grandezas pareadas, momento e posição, medidas distintamente quando da sua manifestação clássica.

Isto que poderia ser entendido como o fim de linha para a mecânica quântica, neste sentido, completa, não foi aceito por parcela importante da comunidade científica, que pede mais da ciência. Também, apesar do empenho de Bohr, seu princípio de complementaridade não foi incorporado à teoria quântica, permanecendo como uma interpretação. Caberia a uma 4ª fase da revolução quântica, tal como é defendida aqui, um papel assimilável pelos dois grupos, ou até, quem sabe, a rejeição de ambos, já que esta interpretação autoral (Informacional) extrapola para um campo não exclusivo da física. Esta 4ª fase da revolução aponta para a necessidade de uma nova ciência, que integre de novo, aquilo que o dualismo cartesiano fez por bem dividir numa época remota, ou seja, o sujeito e objeto. Esta integração deverá passar pela física associando-se à biologia para conhecer a matéria viva e a uma neurociência esperta, para conhecer a matéria consciente. E, ainda, avançar na intenção de explorar novos limites para a mente humana, que neste entendimento há de mostrar seu potencial de transformar o funcionamento ordinário da mente dual para a mente una – algo próprio da unicidade da autoconsciência.

Noutra perspectiva, mas também afinado com a 4ª fase da revolução quântica, resta ao eu, aquele que se pretenda inteiro, a dimensão da poesia e do sonho – e ainda outra, mais radical, a do conhecimento direto, que virá ainda ser explorado nestas páginas – para, em distorcendo a linguagem, dissolvendo a lógica clássica, e suspendendo a consciência vigil, desnudar o rei e apontar para diferentes paragens, quiçá incognoscíveis, próprias da realidade subjetiva una. Que realidade é esta?

A fim de preparar a abordagem conclusiva da consciência, será trazida a hipótese de Penrose e Hameroff para explicar a consciência unificando física quântica, gravidade e cérebro.

2.4.3 – A Inclusão da Gravidade e da Consciência, Segundo Penrose, para a Completação da Mecânica Quântica.

A discussão sobre a completeza da teoria quântica e a realidade do objeto quântico antes de ser mensurado permanece no cenário contemporâneo, sujeita

às interpretações pela falta de consenso na comunidade científica sobre o tema (item 2.3). Tomando como referência a evolução do sistema quântico, que unitária (U), linear e determinista, obedece a função de onda $|\psi\rangle$ e a redução de estado (R), como descontínua e probabilística, Penrose, como realista, propõe novo quadro em que divide os interpretadores da teoria quântica entre *os crentes* e *os sérios*, a partir de uma frase de Bol Wald: “se você realmente acredita na mecânica quântica, não pode levá-la a sério” (PENROSE, 1996, p. 84). Neste enfoque, os seguidores da escola de Copenhagen são **os crentes** – para quem, de alguma forma, o vetor de estado $|\psi\rangle$ está na mente ou tem apenas importância epistêmica –, representados atualmente pelos autores que defendem a decoerência. Para estes o que importa é a realidade do mundo físico. Penrose classifica como **os sérios** - para quem o vetor de estado $|\psi\rangle$ descreve a realidade e, portanto, a “evolução unitária (U)” é tudo – aqueles que tendem para a interpretação dos *muitos-mundos*, como Everett, Zurek e Hawking. Acrescenta um grupo **dos realmente sérios**, que valoriza tanto U quanto R, como fenômenos reais, subdividido entre aqueles que não esperam novos efeitos físicos nesta relação entre U e R (De Broglie, Bohm, Gell-Mann, Omnés), e outros que consideram necessário o aparecimento de algum efeito físico novo nesta relação capaz de mudar a estrutura da mecânica quântica. Este é o grupo a que pertence Penrose, junto com Károlyházy, Pearle, Diósi entre outros. Estaria ele à espera do acréscimo de algo parecido com as variáveis ocultas, defendidas por Einstein? O que permanece em discussão, ainda, é o problema ou o paradoxo da medição.

Afinado com realistas de renome, construtores da teoria quântica, como Einstein e Schrödinger, também inconformados com o estado da arte, Penrose adentra o problema com ousada proposição. Na tentativa de evitar que a redução dos estados superpostos do sistema quântico unitário fique descrita como um processo descontínuo e aleatório, ele invoca a proposta DP (Diósi-Penrose), para resolver o paradoxo da medição e completar a teoria quântica. Em vez de um processo R aleatório, ele introduz a redução objetiva, (OR - Objective Reducion), associando a gravidade à regulação da redução. Esta hipótese introduz novo entendimento sobre a estrutura do espaço-tempo, no nível da escala de Planck, sugerindo papel fundamental para a consciência nas operações das leis do universo. Da OR nasce a OR-orquestrada (ORO), que contempla a complexa

consciência humana em interação com a massa cerebral e a gravidade. A proposta Diósi-Penrose, também referida como um esquema gravitacional quântico, é diferente de outras propostas, menos heterodoxas, que também tentam resolver o problema da medição quântica.

2.4.3.1 O Posicionamento Filosófico de Penrose-Hameroff diante do Problema da Consciência.

Penrose e Hameroff, no artigo “Consciousness in the Universe: Neuroscience, Quantum Space-Time Geometry and Orch OR Theory”, adotam um posicionamento filosófico distinto tanto do idealismo, que assegura um lugar perene para a consciência - tal como ela se apresenta no estágio humano atual -, quanto também diferente dos físicos, que postulam a possibilidade de construir uma Inteligência Artificial. Compreendem a consciência como uma emergência epifenômica de um complexo processo biológico-algorítmico, estruturado no cérebro capaz de processar informação (como não ser físico com esta frase?). Penrose combate a intenção dos *artificialistas* apoiando-se no teorema de Gödel, que *demonstra não ser a matemática, como sistema lógico-algorítmico (axiomático), completa e consistente. Se consistente será incompleta; se completa, será inconsistente. Não sendo independente e autossuficiente, precisa de algo externo para lhe completar e consolidar sua consistência. Se as operações mentais de uma “máquina artificial pensante” reduzir-se a uma estrutura axiomática, sua limitação estará vaticinada pelo argumento de Gödel.*

Afinados com o pensamento de Whitehead, eles entendem seus precursores de consciência como elementos inerentes do universo que, em consonância com a biologia, desenvolveram aptidões para expressarem, secundados por um sistema nervoso sofisticado, toda a riqueza da consciência humana. É neste contexto argumentativo que se inaugura a proposta inovadora da Redução Objetiva Orquestrada (OR-orquestrada), de Penrose-Hameroff.

No entanto, se algumas funções intelectuais, por sua idiosincrasia, situam-se fora do alcance de reprodução em uma máquina algorítmica, conforme alega Penrose, outras, ao seu turno, não dependentes da consciência, comportariam tal modelação. As primeiras funções atinam-se ao que Chalmers referiu como “the hard problem of consciousness”, ou qualia - processos cognitivos dependentes da

experiência consciente e dos sentimentos subjetivos (item 1.1). Deveria haver um substrato neurológico ocupando a encruzilhada destas funções?

Antes de entrar na proposta desenvolvida por Penrose-Hameroff que contempla este substrato neurológico híbrido capaz de assumir tanto as funções cerebrais nobres, dependentes da consciência, não-algoritmizáveis, como aquelas outras automatizáveis, é preciso retomar ao estado da física quântica sujeita à interpretações em decorrência da falta de uma física forte que imponha o consenso.

2.4.3.2 Criticando a Interpretação de Copenhagen Surge o Enfoque Objetivo da Redução.

Penrose começa criticando o truque usado pela Interpretação de Copenhagen, o de tratar U como um catálogo de informação - não destinando à função de onda qualquer realidade física - e o de considerar o aparelho de medição um objeto clássico, por deixar questões sem resposta, como as cinco abaixo elencadas.

- 1) Por que negar ontologia aos estados superpostos de energia que vigem no sistema quântico, antes da medição?
- 2) Há um limite de tamanho para o objeto apresentar estados superpostos?
- 3) Qual é a natureza e o conteúdo da fronteira que separa o mundo unitário do mundo clássico?
- 4) Como a redução R surge num sistema isolado?
- 5) Em que meio externo a redução R não prevaleceria?

A vertente subjetivista desta escola (Copenhagen), além de assumir que o aparelho de medição é também um sistema quântico, considera que o salto de descontinuidade, promovido pelo dado da mensuração objetiva, acontece na mente do observador, e o seu significado, de natureza filosófica, é um salto de estado do conhecimento do observador. O observador e a sua consciência, extrapolando-se à física, estariam excluídos da abordagem científica, tanto da superposição como da redução dos estados. Este subjetivismo considera a consciência, num primeiro momento, para, em seguida, descartá-la.

A Interpretação radical dos múltiplos mundos de Everett, tal como na interpretação subjetivista, também usa o observador, mas, aqui, para saltar espetacularmente o problema negando a existência da colapso. Seu recurso singular vincula a cada estado superposto do sistema uma função de onda na mente do observador, que se auto-excluem no ato de medição.

Diante do problema da medição, uma escolha cabível seria a de se sentar confortavelmente sobre a explicação de Copenhagen, aceitando uma condição inexplorável subjacente à realidade da natureza. Ou, como segunda opção, condicionar a redução, em última instância, à mente do observador, fenômeno este que foge ao escopo de estudo da física. Também poderia acatar que as duas últimas grandes teorias da física devessem seguir caminhos paralelos, por falta de convergência teórica previsível. Mas Penrose além de, enfaticamente, não aceitar qualquer das opções acima, apostou na pertinência de explorar um desenvolvimento da física, para, pelo menos, fornecer substrato para conjecturar articuladamente as três grandes questões, na intenção de resolver os problemas aludidos: 1) a unificação da relatividade geral com o modelo-padrão da teoria quântica, visando uma teoria física mais abrangente; 2) a revelação de elementos ainda ocultos ao problema da medição, visando torná-la objetiva; 3) a necessidade de dar assento para a consciência, no âmbito da física, encarando o seu *hard-problem* (o problema geracional – como surge na matéria o atributo mental das *qualia*). Com relação a esta última, a hipótese destes autores embute subsídios pertinentes para que a biologia e a neurociência complementem a pesquisa com o indispensável acréscimo de trabalho, no campo que lhes é próprio.

Partindo do pressuposto que deveria inserir a física na solução do enigma que transforma matéria viva em matéria consciente, Penrose opta por associar duas grandes lacunas desta disciplina, tidas como incompleteness: o problema da medição e a falta de unificação da mecânica quântica com a teoria da relatividade geral - a falta de unificação das 3 forças, a do eletromagnetismo, a nuclear fraca e nuclear forte, com a gravidade. A convergência da quântica com a relatividade restrita já fora feita por Dirac, originando a física dos campos, como também entre o eletromagnetismo e a nuclear fraca, gerando a força eletrofraca.

O enfoque OR, que estabelece um limiar específico entre o nível quântico e o clássico, adicionando aí princípios einsteinianos da relatividade geral, não é privilégio de Penrose. Outros autores desenvolveram abordagens particulares para transformar esta singular travessia num fenômeno físico objetivo. Afinado com este propósito de se afastar das funções estritas do formalismo unitário, Penrose concebe um deslocamento limite e suficiente de massas, em termos gravitacionais, para estados alternativos, onde aquela condição de superposição se torna instável, predispondo-se à redução. Neste caso, a redução fica dependente da gravidade.

No esquema DP (Diósi-Penrose) para OR, o intervalo de tempo (τ), que marca a redução dos estados superpostos para um dos alternativos, é estimado de acordo com a fórmula: $\tau = \hbar/E_g$, onde $\hbar = h/2\pi$ é a relação de Dirac para a constante de Planck e E_g é a auto-energia (self-energy) gravitacional da diferença entre as duas distribuições de massa em superposição. Para a superposição, em que cada distribuição de massa é uma rígida translação da outra, E_g é a energia a ser usada para deslocar um dos componentes superpostos, do campo gravitacional da outra.

De acordo com OR-orquestrada, a consciência junto com a gravidade perfilam como elementos distintos de uma nova física, tornando a redução um processo não-computacional, se três pré-requisitos forem atendidos: 1) A diferença entre as alternativas superpostas, para gerar sua instabilidade e ser reduzida a uma ocorrência real, há de se delinear na geometria espaço-tempo própria das dimensões de Planck, de acordo com o esquema DP para OR. Em se tratando de ocorrência individual de OR, o elemento consciência participa através de uma proto-consciência (em consonância com o conceito de *ocasiões de consciência* de Whitehead) – uma unidade quantitativa e qualitativa (o primeiro requisito já está oferecido pelo esquema DP para OR); 2) A emergência da consciência, como fenômeno humano, atrelada à gravidade, fica na dependência da presença de uma estrutura altamente organizada no cérebro, afinada com a redução objetiva orquestrada. 3) Este substrato neurológico deverá ser híbrido para abarcar tanto as funções cerebrais algorítmicas como as não-algorítmicas.

2.4.3.3 O Microtúbulo, como Autômato Celular Quântico, e a Emergência da Consciência, como Redução Objetiva Orquestrada.

Seguindo o esquema DP, adotado em parceria com a OR-orquestrada ($Eg = \hbar/\tau$), percebe-se que, por serem a energia gravitacional Eg e a massa grandezas físicas proporcionais, a medida do tempo τ será muito diminuta se a Eg e, portanto, a massa forem grandes, como no caso de objetos macroscópicos (exemplificado pelo *danado* do gato de Schrödinger) – o que, neste contexto macro, acarreta o desprezo deste tempo nano. Mas, em se tratando de superposição de partículas quânticas, com pequena massa, este tempo aumenta para a ordem de algumas frações do segundo, compatível com a quantidade de massa dos microtúbulos, uma estrutura celular presente nos neurônios, que por organização extremamente sofisticada, torna-se candidato natural para assumir a base da OR-orquestrada. Por razões que serão demonstradas, os microtúbulos atendem àqueles três pré-requisitos demandados do substrato neuro-fisiológico.

Buscando apoio na biologia, como complementar ao estudo do cérebro, visando responder ao segundo requisito, há que se destacar o Paramécio que, como ser vivo unicelular, mesmo desprovido de sistema nervoso, é capaz de regular fenômenos vitais comparáveis, se resguardadas as devidas proporções, aos dos mamíferos superiores, incluindo o ser humano, como: nadar, buscar o alimento, fugir de estímulos nociceptivos, ter parceria sexual, aprender e memorizar. O elemento propiciador destas funções é o microtúbulo, parte constituinte do citoesqueleto do Paramécio. Estariam os microtúbulos assumindo a produção e gerência desta vida *em miniatura* por serem os rudimentos do sistema nervoso no unicelular?

Este microtúbulo, cuja estrutura não será pormenorizada agora, está presente em todas as células. No dendrito, no corpo celular e no axônio dos neurônios é exemplar perfeito para funcionar como *autômato molecular* - designação formulada em comparação com o papel que o autômato celular assume nas redes neurais artificiais. Significa ser ele uma peça biológica mínima capaz de computar e de o fazer quanticamente. Como? Primeiro é preciso dizer que na computação quântica, a informação é representada por uma superposição de 2 bits (os qubits), codificados por 1 e 0 juntos, que em algum momento se tornam bits clássicos. Seu substrato físico é disposto de forma a permitir a

interação destes qubits, através de um processo paralelo complexo e altamente eficiente, computando a informação de acordo com a equação de Schrödinger e reduzindo ou colapsando seus estados superpostos para o estado dos bits clássicos. De modo similar, a unidade do microtúbulo, o dímero, constituída de dois tipos de proteínas - as tubulinas alfa e beta - mescláveis em um estado intermediário, simula um bit quântico (qubit), pela propriedade reversível de se definir por um destes dois estados. Quando reduzido, transforma-se em bit clássico, apresentando-se como tubulina alfa ou beta. Assim, o microtúbulo constitui-se em peça biológica incrustada naquela singular fronteira quântica, que faceia a instância unitária, de um lado, e a clássica, de outro, na matéria viva. Torna-se um microcomputador quântico, e biológico, capaz de reduzir estados superpostos (de informação) para um único, clássico.

A indefinição, que colocaria a tubulina nesta superposição, situa-se em nível elementar e deve-se a um acoplamento dipolar produzido por uma nuvem de elétrons. A alternância entre os dois estados da tubulina depende de um tipo de força de ligação química – força de van der Waals-London – que, por atuar em região da proteína avessa à água, é não-polar. Detalhando: proteínas são grandes arranjos de aminoácidos, classificados em grupos polares (solúveis em água) e grupos não-polares (insolúveis em água). É nos anéis fenil e indol dos aminoácidos fenilalanina e triptofano, que fazem parte do grupo não-polar, que vige a nuvem de ressonância eletrônica, aludida acima e de tamanha importância na proposta da OR-orquestrada. Estes grupos não-polares coalescem durante o dobramento de proteínas para formar os bolsos hidrofóbicos, no interior dos quais os acoplamentos instantâneos destes dipolos eletrônicos operam. Apesar de fracas, mas por agirem em grandes coletividades hidrofóbicas, as numerosas forças de London adquirem o poder de determinar o estado da proteína. Os dois elétrons dos anéis de ressonância no bolso hidrofóbico, ao se repelirem mutuamente estabelecem entre eles aletas interdependentes que, em movimento, produzem a oscilação de London. Na teoria, esta oscilação é a responsável pela distinção entre os dois estados discretos de cada tubulina, no dito autômato microtubular. Se for buscada a definição da estrutura mais fina responsável pela ressonância eletrônica, ela será encontrada nesta interação entre os dois elétrons da nuvem, que produzirá uma tensão complementar devida à superposição e à

redução dos componentes dos seus momentos angulares (já abordada na versão de Bohm do EPR). Vale lembrar que pelo princípio de exclusão de Pauli, dois elétrons ocupando o mesmo orbital não podem assumir o mesmo spin. No estado superposto seus spins estão indefinidos e no colapso hão de ser opostos ou complementares.

Para explicar a sincronização dos estágios discretos no autômata microtubular, durante um tempo útil, isto é, explicar um efeito quântico plausível no interior da matéria macro e viva, assumiu-se que as tubulinas nos microtúbulos oscilariam sincronicamente (isto é, preservada de influências alheias), afinadas com a coerência biológica formulada pelo físico Herbert Fröhlich. De acordo com Fröhlich, dipolos biomoleculares, constrangidos num campo geométrico e elétrico, oscilam coerentemente, acoplando-se ou condensando-se para um modo comum de vibração. Um exemplo da coerência quântica de Fröhlich é o condensado de Bose-Einstein. Devido a esta coerência, 10^8 tubulinas por neurônio, oscilando na frequência de 10^7 por segundo, fornecem uma capacidade de processamento de informação, em cada neurônio, de 10^{15} operações por segundo. Um número que incomoda os adeptos da Inteligência Artificial (IA), já que previram para o cérebro inteiro, pela via clássica das sinapses, 10^{16} operações por segundo para todo o cérebro. No caso do microprocessamento baseado no autômato microtubular, a quantidade sobe para 10^{26} operações para todo o cérebro, por segundo. Esta diferença poderia estar relacionada às atribuições específicas requeridas pela consciência.

Assim, movimentando-se adjacientemente aos microtúbulos (ou mesmo no seu interior), a informação, como uma coletividade de estados superpostos, é processada e colapsa já que, conjugada com as tubulinas, tem-se definido o seu estado. Propaga-se como uma onda de informação, no formato helicoidal (como consequência da estrutura do microtúbulo), ao longo do seu eixo longitudinal, bi-direcionalmente, isto é, para frente e para trás, e de acordo com a equação de Schrödinger (fig. 2.8).

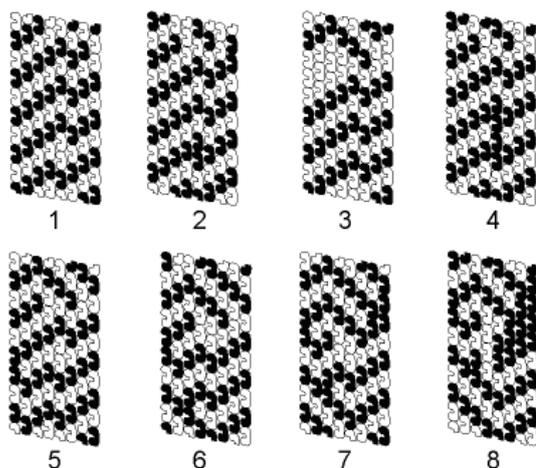


Fig. 2.8 - Simulação de autômatos microtubulares (a partir de Rasmussen et al., 1990). Cada tubulina existe em superposição quântica de dois estados e pode alternar entre as duas conformações, representadas pelas tubulinas pretas e brancas. A “computação clássica” determinada pelo acoplamento de dipolo-dipolo entre cada tubulina e o seus seis assimétricos vizinhos de treliça é mostrada através de uma evolução em 8 etapas num segmento de um microtúbulo, com duração de 1 nanosegundo cada (PENROSE; HAMEROFF, 2011).

Consoante à interpretação hegemônica da física quântica, o formalismo matemático da redução do tipo R usa a matriz densidade para seus cálculos probabilísticos. Quando R é substituído por OR, que cálculos oferecem o conhecimento do limiar objetivo desta transição contínua? Usa-se o esquema DP, cuja equação já apresentada permite extrapolar o cálculo para o cérebro, de acordo com a OR-orquestrada.

Os elementos da OR são os ingredientes mais primitivos da geometria do espaço-tempo na escala de Planck, referidos nas medidas de distância e de duração extremamente diminutas, próprias do seu comprimento e do seu tempo, respectivamente, 10^{-35} m e 10^{-43} s. Outro elemento da OR, a força gravitacional, aí gerada, não compete com os processos próprios do nível biológico, em se tratando do microtúbulo, porque seus valores possuem uma magnitude de 20 ordens de grandeza abaixo daquela escala onde os processos das partículas físicas acontecem. Então, destaca-se que é neste nível da escala de Planck que surge a oferta de energia necessária, mas incerta, para que *a escolha* entre geometrias separadas de espaço-tempo se efetive, o que significa a disponibilização da energia capaz de fazer um deslocamento suficiente de massas potencialmente superpostas para uma instabilidade, entendida como o passo imediatamente anterior à sua redução. Ficando, assim, esta redução indicada como aquela que produz uma ocorrência real no mundo clássico (no nível das partículas elementares). Portanto, seguindo este raciocínio e transpondo OR para OR-orquestrada, é necessário uma compatibilização do módulo desta

energia com a quantidade de massa, ou seja, da massa cerebral quanticamente superposta envolvida com o processo de consciência. Aí aparecerá a medida deste ingrediente-chave, que é o tempo τ da computação para que a *redução-consciência* aconteça. Estão contemplados, massa, geometria espaço-temporal, energia, numa abordagem quântica gravitacional, e a escolha, cuja origem não consigo desvincular da consciência.

Prosseguindo na busca da mensuração, faz-se necessário a separação global, estimada como um valor crítico que resulta do produto entre separação temporal τ com a separação espacial S , envolvendo as 4 dimensões do espaço-tempo. Seguindo o esquema DP para OR, quando S , cujo valor acompanha o módulo de E_g , atingir seu limite máximo, haverá disponibilização de auto-energia gravitacional (gravitational self-energy) suficiente para separar as duas massas do seu potencial estado de superposição (em U). Nesta distância-limite a superposição se torna instável porque uma massa terá sido retirada da influência do campo gravitacional por elas gerado. Dos dois espaços-tempos *colabados*, das duas massas superpostas, uma geometria espaço-temporal com uma massa serão “criados” ou manifestados. Deduz-se que – como o valor de S acompanha o valor de E_g e, pela fórmula do esquema DP para OR ($E_g = \hbar/\tau$) – o produto da separação espacial com a separação temporal ($E_g \cdot \tau = \hbar$ ou $S \cdot \tau = \hbar$) iguala-se à constante de Planck-Dirac, \hbar . E se houver um grande deslocamento (S grande), o que por sua vez, implicará em maior quantidade de massa envolvida, o tempo τ , será muito pequeno. E vice-versa, porque S e τ apresentam-se como grandezas correlatas, inversamente proporcionais.

Como correlacionar este tempo, que é o ingrediente-chave para o cálculo de OR, com microtúbulo e cérebro? Tendo o microtúbulo se apresentado como a estrutura neurobiológica, cujo grau de organização o compatibiliza com a computação quântica orquestrada, necessária para que a consciência, tratada pela gravitação, fique vinculada à redução objetiva, resta, então, a corroboração do dado empírico (2º pré-requisito – item 2.4.3.2). Este tempo empírico aparece, como indício, em algumas frentes. Uma delas é quando ele se associa à massa e energia. Outra, o processamento quântico microtubular da informação, conforme

já demonstrado, precisa dialogar neurofisiologicamente com as funções clássicas da dinâmica cerebral.

Aproximando a hipótese da OR-orquestrada de Penrose-Hameroff com dados da neurociência, a manifestação da consciência fica entendida como uma sequência de discretos eventos OR, em consonância com o funcionamento de um substrato neuronal afinado em vários níveis, depois de ter permanecido durante um tempo em superposição, como processamento pré-consciente. O melhor correlato temporal para a consciência é a sincronicidade gama do EEG, entre 30 a 90 Hz, geralmente denominada de “40Hz coerente”, oferecida pela neurociência. Significa que a oscilação de 40 momentos de consciência num segundo, equivale a um pico de consciência a cada 25 milisegundos. Este é o tempo para evolução da equação de onda do pré-consciente entre eventos OR. Isto é, o intervalo entre momentos conscientes, durante o qual estados do microtúbulo em superposição quântica evoluem de acordo com a equação de Schrödinger antes de alcançar o limiar, quando uma redução do estado quântico e um momento de consciência ocorrem (fig. 2.9).

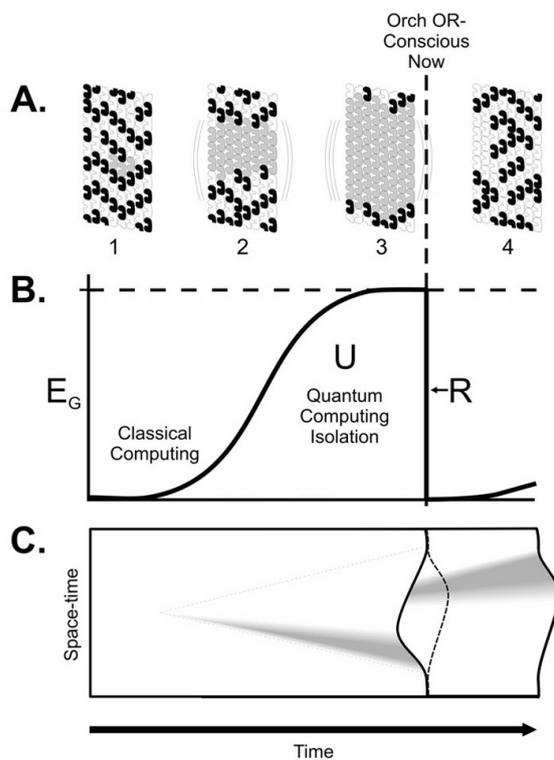


Fig. 2.9. Esquema da OR-ORCH

Três descrições de um Orch OR evento consciente por $EG = \hbar / \tau$. **A.** Autômato microtubular. Tubulina em superposição quântica (cinza) evolui até alcançar o limiar após o estágio 3, quando ocorre um momento de consciência e os estados de tubulina são selecionados (branco e preto). Para um evento real (por exemplo, a cada 25 ms), são necessários bilhões de tubulinas; um número pequeno é usado aqui nesta ilustração. **B.** Esquema mostrando evolução U-like até alcançar o limiar. **C.** Folha de espaço-tempo com separação da superposição ao se atingir o limiar, quando uma realidade da curvatura espaço-tempo é selecionada. (PENROSE; HAMEROFF, 2011)

Tomando-se, então, como dado empírico o tempo de 25 mseg, partindo de OR para a OR-orquestrada, é preciso calcular a massa associada a E_g , a fim de validar o microtúbulo, como correlato neurofisiológico da consciência. A massa mensurada refere-se àquela quantidade suficiente de matéria cerebral, que se manteria em superposição coerente durante estes 25 mseg, de acordo com o esquema OR, que estabelece relação entre tempo e energia gravitacional ($E_g = \hbar/\tau$). A relação entre energia e massa vem da teoria da relatividade de Einstein.

Para usar a terminologia de Penrose-Hameroff, a energia que está sendo disponibilizada pela E_g (auto-energia gravitacional) proporcionaria a separação de qual massa? Entre as três hipóteses aventadas pelos autores, aquela que se mostrou pertinente com os números calculados foi a do núcleo atômico do carbono, principal átomo do complexo celular e, portanto, das tubulinas. Neste tempo de 25 milisegundos, 2×10^{10} tubulinas estariam em superposição. O que este número indica? Grosseiramente, um neurônio contém 10^8 tubulinas, e neste tempo para que 100% das tubulinas estivessem em coerência o número equivaleria algumas centenas de neurônios. Se for usado como referência estados macroscópicos globais, por exemplo a supercondutividade, é necessário que apenas uma fração muito pequena dos seus componentes esteja em coerência quântica para que ela aconteça. Alguns autores calcularam que a cognição e a consciência ocorrem quando conjuntos de 10.000 a 100.000 neurônios, distribuídos amplamente pelo cérebro estão em coerência. Considerando este raciocínio e estes dados, se somente 1% das tubulinas de um neurônio estiver em coerência, então, 200.000 neurônios estariam disponíveis para orquestrar a OR, incluindo estados de consciência de alta frequência e intensidade, em torno de 80Hz, registrados em monges tibetanos em meditação (PENROSE; HAMEROFF, 2011, p. 21).

Vários fenômenos celulares, entre eles a ressonância de Fröhlich e a blindagem pela água ordenada, parecem efetivos, na hora de evitar que a decoerência, com os seus aspectos randômicos, desmanche a coerência, tão imprescindível para a montagem da OR-orquestrada. É no interior dos bolsos hidrofóbicos das tubulinas, isolados de interação polar, que os núcleos atômicos se superpõem. Esta ressonância avança de maneira específica pelo caminho helicoidal, desenhado pela geometria Fibonacci nas paredes do microtúbulo,

sugerindo o mecanismo usado por esta computação quântica topológica para evitar a decoerência de modo tão eficiente quanto a de um supercondutor. Esta onda mental evolui de forma pré-consciente durante os 25 milissegundos até que a OR-orquestrada faça jorrar um pico de consciência – 40 delas, no tempo de 1 segundo.

Considerando o terceiro pré-requisito. Além desta massa microtubular vincular-se à estruturas responsáveis pelo processamento quântico da informação, ela deve participar da fisiologia cerebral ordinária. Para o cérebro, como para qualquer outro órgão, constituídos de matéria, pressupõe-se funcionamento em dois níveis – o clássico, através de suas células e organelas, e o quântico, por meio de suas moléculas, átomos e partículas, constituintes elementares do primeiro, ou seja, dos componentes celulares. Precisa haver um diálogo eficiente entre o nível físico, submetido a princípios quânticos e gravitacionais, de acordo com a proposta OR, e o nível clássico, responsável pela neurofisiologia. Na interface deste diálogo, a consciência é brindada.

Uma possibilidade é a alternância entre a fase quântica isolada e a fase clássica de interação ambiental, na frequência da sincronicidade gama. Para usar a topologia como metáfora, embaixo a primeira fase, com frequência alta, e em cima, a segunda, com frequência baixa. Enquanto aqui, na superfície, dendritos e microtúbulos do corpo celular do neurônio recebem e integram inputs sinápticos, durante a fase clássica, *no sótão*, os microtúbulos fazem a ressonância evoluir até que, no limiar da OR-orquestrada, como mini-computadores quânticos, seus qubits superpostos sejam reduzidos a clássicos, naquele tempo médio de 25 milissegundos. Isto é, os microtúbulos respondem com um conjunto de informações que, integradas, emergem como consciência. O estado tubulínico particular escolhido ou atualizado nesta redução ajustaria o limiar do disparo, desencadearia o disparo do axônio, regularia sinapses e codificaria memória. Assim, a OR-orquestrada teria uma eficácia causal tanto nas ações, nos comportamentos e nos pensamentos conscientes, como também na memória. Os processos neurais que não implicam em consciência, como atividades autônomas, poderiam acontecer apenas na base da OR, e ambos teriam o microtúbulo como substrato neuronal.

Outra questão implica na explicação de como os estados quânticos de um microtúbulo se estenderiam para os microtúbulos de outros neurônios, ao longo de todo o cérebro, sem passar pela sinapse, que funciona classicamente à base de neurotransmissores. A proposta OR-orquestrada admite que estados quânticos são transmitidos por tunelamento, através de MAPs (microtubule-associated proteins), levando o emaranhamento entre neurônios adjacentes através de portões juncionais. Estes portões permitem o cérebro se transformar num sincício contínuo, que teria papel fundamental no fenômeno da consciência, principalmente ligando dendritos a outros dendritos. Dando o tom, eles orquestram a computação quântica OR dos microtúbulos, em todo o cérebro. A partir daí, Hameroff desenvolveu o modelo do “piloto consciente”, em que zonas sinciais, reguladas pela abertura e fechamento dos portões juncionais, usando a sincronidade gama, moveriam em torno do cérebro.

Além da hipótese de Penrose e Hameroff se afinar com a sincronidade gama da neurociência, como acima está demonstrado, também é coerente com as ocasiões de experiência da filosofia de Whitehead, e ainda com certos textos da sabedoria budista antiga, que tem uma concepção parecida com a consciência, ou seja, que sua manifestação se dá também através de momentos impermanentes e desconectados, que parecem tão logo surgem. Há relatos nestes textos de uma frequência de 75 Hz e de 50 Hz.

3. A ABORDAGEM DA CONSCIÊNCIA PARA ALÉM (MAS NEM TANTO) DA FÍSICA.

3.1 Uma Teoria Quântica para a Mente – Fisicalistas *Versus* Mentalistas.

A partir das principais proposições autorais expostas nos capítulos anteriores chega o momento do seu fechamento. A hipótese que fundamentou a inserção desta particular leitura do universo quântico foi a primeira – aquela que defende ser a consciência ou qualquer termo correlato, como, por exemplo, a informação, um elemento constituinte e central do universo. Onde, o como encontrar e o como demonstrar sua presença na natureza dirigiram todo o trabalho seguinte, tendo na eleição da matéria e na sua abordagem pela mecânica quântica, o ponto de partida.

Se a teoria quântica de Penrose-Hameroff sobre a consciência ocupou parte final deste discurso é porque o coroamento desta dissertação é um pequeno adendo nela. Mas é preciso esclarecer, ou enfatizar, que esta teoria da consciência não nasceu do jeito que foi aqui apresentada (item 2.4.3). Shimony, convidado a comentar o livro *Shadows of Mind*, mostrou grande concordância com as teses principais expostas por Penrose. No entanto, nesta pequena resenha, que acabou anexada noutro livro deste autor, “O Grande, o Pequeno e a Mente Humana” (PENROSE, 1998, p. 153), fez questão de frisar seu ceticismo com relação aos pormenores daquela elaboração, na expectativa de que sua crítica estimulasse Penrose a fazer melhoramentos. Foi o que deveras aconteceu. Ele espetou Penrose para que verificasse se a teoria, ali desenvolvida, não se encaixava na história de um alpinista, que embora com sucesso, escalara a montanha errada. Isto, em razão de o seu argumento caber muito bem para justificar a ontologia fisicalista da consciência. Parecia funcionar como uma versão quântica para o fisicalismo da mente.

Ali, Shimony argumenta contra a inconsistência do fisicismo em formular uma hipótese falsamente baseada em dois aspectos – o do estado cerebral e o do estado mental – porque este último, a rigor não existe, já que não possui nenhum estatuto de independência. Na sequência, usa um princípio fenomenológico, que ele acha, apesar de simples, poderoso, para demonstrar que a hipótese fisicista da mente não tem como assentar as *qualia* sensoriais, exemplificadas como as aparências sensoriais de dor, de prazer, e os

sentimentos de volição, em nenhum destes dois lugares – o cerebral ou o mental. Logo, como, então, explicar a mente derivada da matéria?

O difícil programa que o fisicalismo deveria ter assumido para sedimentar o vínculo original da matéria ao surgimento da mente foi encarado por Whitehead, na elaboração da sua filosofia do organismo, que serviu para defesa do oposto: a inderivabilidade da mente. Com esta filosofia, ele indicou uma protomentalidade elementar – as ocasiões atuais (reais), como entidades últimas – para se contrapor à bifurcação da natureza, entre o mundo sem mente da física e a mente própria da condição humana. Estas ocasiões atuais não são entidades duradouras. São *quanta* espaço-tempo dotadas de, num nível muito elementar, características mentalistas, como “experiência, imediação subjetiva e apetição” (Shimony fala de Whitehead in PENROSE, 1998, p 157), deduzidas a partir de uma particular mirada na mentalidade de alto nível para encontrar aí tais correspondentes. Esta partícula física elementar é concebida como uma cadeia temporal de ocasiões que poderia ser facilmente confundida com apenas aquilo que a física ordinária vislumbra nestes fenômenos, já que a apresentação da sua característica experiencial é confusa, monótona e repetitiva. Mas nesta energia, abordada pela física, está embutida uma “energia complexa, emocional e intencional, inerente à forma subjetiva final em que cada ocasião se completa a si mesma” (WHITEHEAD, 1933a pub PENROSE, 1998, p. 158). Whitehead compreende que somente a evolução de sociedades altamente organizadas permite que a mentalidade primitiva se torne intensa, coerente e plenamente consciente.

Se é possível encontrar uma referência de protomentalidade naquele nível das dimensões de Planck, onde Penrose, em companhia de Hameroff, aplicam seu esquema DP para OR, tudo indica ter vindo desta sugestão de Shimony. Se após considerar a instabilidade dos espaços-tempos junto com matéria e gravidade, foi alocado ali as *ocasiões de experiência*, decorre da escolha de suprir a falta da mente, no seu esquema, como elemento ontogenicamente fundamental no universo. Neste ponto há uma convergência entre Shimony, Penrose e nossa proposta autoral, que valoriza igualmente a consciência.

Se for encarada aquela primeira pergunta, o que é consciência, é preciso o cuidado porque sua definição não deverá ser acertada tão somente flagrando sua

manifestação corriqueira das experiências humanas. É preciso pensar que como elemento difusamente presente na vida universal, seu conceito há de ser mais amplo do que aquele já oferecido, tendo como base sua apresentação de alto nível. Neste sentido há coerência em considerar sua origem entrelaçada com a origem do universo, ou com a sua perene manifestação, abstendo de colocar o termo vida nesta equação. Consciência como conhecimento que o ente possui do seu entorno e dos eventos internos é apenas um conceito específico. Esta consideração sobre o entrelaçamento da origem da consciência com a origem da matéria abre campo para aquela segunda questão do programa da pesquisa da consciência, que diz respeito à sua origem.

É neste nível particular que entra o whiteheadismo modernizado, assumido por Shimony e elaborado na lida com outra bifurcação da natureza, especificamente entre aquelas duas mentalidades, a de nível elementar e a de alto nível, usando para isto dois radicais elementos da física quântica: a potencialidade e o emaranhamento. A potencialidade, implícita ao princípio da superposição, faz do vetor de estado uma referência da realidade e não um compêndio de informações sobre ela, já que num estado que especifica maximamente um sistema quântico encontram-se potencialidades e probabilidades. O segundo conceito radical é o do emaranhamento quântico entre dois sistemas. Os dois não preservam um estado puro, individual. Pelo contrário, um único vetor de estado pertence aos dois sistemas, testemunhando um estado holístico emaranhado. E sua atualização é processada de forma interdependente.

Ele formula elaborações destes dois conceitos, aplicando-os a dois termos destes níveis extremos: o elétron e a consciência humana. A potencialidade do elétron é entrevista na transformação da indefinição total deste sistema ultra-simples, por exemplo, com dois spins complementares, para uma definição através de um lampejo, do tipo tudo ou nada. Ou se reduz esta superposição de informações ou não. Já na condição humana é diferente, os observáveis em estado de emaranhamento não são poucos, como no caso do elétron. Neste enfoque, a consciência é tomada como um sistema complexo, composto de muitas unidades simples, que funcionariam como observáveis, em estado de emaranhamento. Na definição de um instante, alguns, e não todos, destes

inúmeros observáveis passam à condição de observados, atualizando-se na consciência.

Se os conceitos da teoria quântica como observáveis, superposição, probabilidade de transição, emaranhamento, já foram usados pelos físicos em duas ontologias fisicistas distintas, a das partículas, na mecânica quântica padrão e na ontologia dos campos, como eletrodinâmica quântica, cromodinâmica e teoria quântica geral dos campos, por que ela não poderia ser usada também neste whiteheadismo modernizado, em duas outras ontologias de natureza mentalista: 1) para as entidades elementares que ficariam dotadas de protomentalidade; 2) para a mente de alto nível de expressão, como a humana? Esta tese defendida por Shimony introduz a mente na natureza mais elementar e, reflexamente, desenvolve uma abordagem quântica para a mente humana.

3.2 Extrair ou Explicar a Probabilidade do Formalismo Quântico?

Esta tese comunga com a minha estratégia, exposta no capítulo 1 (item 1.1), de valorizar e começar pela física quântica o estudo da consciência. Colocando Penrose para subir a montanha correta – tal como sugeriu Shimony – em companhia do whiteheadismo modernizado, é possível fazer uma associação entre modelo-padrão, gravitação e consciência, oferecendo a esta última um lugar privilegiado, em busca da explicação da redução e da completação da mecânica quântica. E o tratamento da redução não será para torná-la objetiva mas, ao contrário, valorizar seu miolo indeterminista por conta do seu íntimo vínculo com a protomentalidade.

Avançando no sentido de estreitar a relação entre mecânica quântica e consciência, nossa hipótese defende que será preciso encontrar o lugar próprio desta, tanto na teoria como no formalismo da primeira. Desenvolvendo: tanto o aclaramento da redução como a completação da mecânica quântica deverão passar pela elaboração de um formalismo quântico capaz de harmonizar aqueles três níveis, 1) o da evolução unitária do sistema (U), 2) o da redução dos estados superpostos apontados pelas potencialidades (R), e 3) o desdobramento dos valores medidos a funcionar classicamente (C), **fazendo constar nesta equação o elemento consciência/informação**. Este novo elemento há de participar de muitas formas derivadas, incluindo uma condição fundamental. O curioso é que este elemento já é intrínseco às principais formulações do formalismo – é o que

sugerimos. Mas por não ter sido visado da forma particular que a sua singularidade exige, ainda não foi enxergado como tal. Refiro-me à onipresente constante de Planck: aquele quantum de energia, de ação, aquela grandeza de trabalho. Estritamente, o portador da exuberante notícia que apresentou ao mundo a existência do universo quântico – o nível mais elementar do tecido cósmico da vida, fulgurado assim: $E = hf$ ou $h = \frac{E}{f}$, isto é, como a razão entre energia da onda quântica e sua frequência. Sugiro, então, a ideia deste quantum de ação funcionar como a unidade informacional fundamental do universo. Seu valor, $6,62606957 \times 10^{-34} J.seg$, como produto de unidade de trabalho (Joule) por tempo (segundo), fala do seu significado como quantum de ação. Apoiado no exemplo de “c”, como constante universal que indica uma propriedade do fóton, sua velocidade, sugiro “h” ser entendido também como revelador de uma propriedade do objeto quântico, mais especificamente daquela conhecida como ação ou trabalho durante um tempo, a acompanhar intrinsecamente qualquer partícula elementar. Mas se no enfoque relativista, a luz não apenas se desloca numa razão constante entre espaço percorrido e tempo gasto, mas também relativiza este espaço e tempo para nós, que nos movemos em razões infra-luminais, algo similar deve acontecer com este espaço-tempo quando considerado sob a égide do objeto quântico, tal como especulou Rosen (itens 2.3.2 e 2.4.1). Na abordagem quântica, se ainda o fóton, tomado como a partícula elementar, não apenas compõe, a partir de sua velocidade, um espaço-tempo próprio, mas o relativiza de acordo com os referenciais das interações que vier realizar, que mudanças aconteceriam neste espaço-tempo, composto a partir do quantum de ação que lhe é inerente, que é um trabalho despejado neste universo pela protomente? Neste caso, como proceder a leitura da informação deste fator mental, carregada pelo objeto quântico em forma de um potencial produto entre trabalho e tempo, disposta para suas interações?

No entanto, manejar esta tese de Shimony para conduzir sua protomentalidade como elemento que mantenha a condição probabilística, não-determinista, da redução é comprar briga com uma geração de realistas, incansáveis na sustentação do discurso sobre a urgência de alterar a compreensão probabilística inerente à física mais fundamental. Perseguem, obstinados, a busca daquele fator que garanta um retorno desta ciência aos

trilhos disciplinados e deterministas, cujo sucesso estrondoso assentou-se justamente nesta capacidade preditiva ímpar. Como afirmar que a partir de agora, isto é, desde os primeiros clarins noticiadores do universo quântico, o estatuto é outro, o seu oposto? O próprio Penrose, fazendo eco a este grupo, despontou, com o seu esquema DP, como arauto da redução objetiva. Insiste em abrir nova trilha para que os seguidores deste realismo alcancem uma instância *física* mais bem comportada. E mesmo tendo aderido às *ocasiões de experiência*, não explicitou importância maior à consciência de modo a inverter o raciocínio fisicista que parece alimentar a sua OR. Isto me insta a ponderar, através desta associação entre o whiteheadismo modernizado e a valorização da sua protomentalidade com o indeterminismo da redução, a seguinte assertiva: o esquema DP de Penrose é insuficiente para tornar a redução objetiva, como todos as demais intenções, antigas ou novas, serão.

Coerente com tal perspectiva, embora por razão diferente, Bohr afirmou que a natureza é essencialmente probabilística. Para ele, o conhecimento da física havia se deparado com uma barreira intransponível, já que a exploração daquela área extrapolava o campo de saber próprio desta ciência. Ele já havia dito ser um engano pensar que a função da física é descobrir como é a natureza. Sua contribuição é facilitar a descrição do comportamento da natureza (item 2.3). Deve ser por isto que mais tarde, ele tentou ir além desta limitação, avançando para a biologia, com a tentativa de transpor seu princípio da complementaridade para esta disciplina. Será que ele buscava novos domínios para mais entender sobre o fenômeno quântico probabilístico? Que ciência deveria se ocupar deste saber?

Mirando o mesmo enigmático indeterminismo de transição, Shimony concorda com Penrose quanto à incompletude. Mas mesmo acatando a sugestão de pensar sua teoria quântica da mente com o acréscimo das ocasiões de experiência de Whitehead, Penrose pretende, dentro do fisicismo, encontrar uma solução objetiva para a redução, dando à gravidade o direito de ocupar o lugar das variáveis ocultas sugeridas por Einstein, que também ambicionou unificar o modelo-padrão com a gravitação. Quem pensa a ontologia da consciência, no contexto da quântica, é Stuart Hameroff, Abner Shimony, Henry Stapp e Simon Malin; e, sem a quântica, Whitehead. Seguindo na mesma trilha, vislumbro a

consciência como o faltante que, incluído no seu formalismo e teoria, em muito deverá colaborar para a completação da mecânica quântica. No caso, esta ciência deixaria de ser eminentemente física.

Penrose admite, através da expressão $Eg = h/\tau$, a disponibilização de uma energia gravitacional suficiente para causar a instabilidade daquelas potenciais massas primitivas. Como consequência, *uma* será forçada a se manifestar, trazendo consigo um daqueles espaços-tempos superpostos. Mas se isto for pensado naquele tecido original de um universo ainda sem massa, esta se encontrará num estado potencial associada à energia gravitacional, dependendo de algum **fator** para que a instabilidade se apresente e, então, ocorra a manifestação *real* da massa. Que fator será este? Penrose, por parar na gravidade, nada elabora sobre este fator. Ao contrário do físico britânico, sugerimos a presença de um fator de essência mental, diferenciado em volição, característica esta que ocupa privilegiado lugar num rol de grandezas mentais. Esta consciência, cuja diferenciação será ainda melhor abordada, é onipresente pois, inerente às operações mais rudimentares da natureza, reproduzir-se-á também no nível mediano, como consciência humana, e no nível superior extremo, como uma espécie de *anima-mundi*. É preciso esclarecer que não falo de Deus ao associar uma entidade justaposta à expressão macro do universo, similar à consciência humana atrelada ao corpo físico (há todo um cuidado para não antropomorfizar). Há uma proporcionalidade de diferença entre a protomentalidade da partícula elementar e a consciência humana, como há desta para a dita alma universal. E ainda cogito a respeito de todas estas expressões de consciência, vigendo em níveis bem variados, encontrarem-se intimamente emaranhadas, através de uma realidade não-local.

Desdobrando a hipótese, uma força própria e consoante à qualidade volitiva da consciência impregnará aquela protomentalidade de um caráter indeterminista, similar à probabilidade encontrada na redução do vetor de estado. É a intrínseca força da escolha, da volição. Por se tratar da esfera mais elementar da realidade, inerente aos objetos quânticos simples, esta escolha não se confronta com um espectro múltiplo de opções e, por isto mesmo, deve tratar-se de uma proto-escolha, do tipo sim ou não, tudo ou nada, diferente das escolhas,

por exemplo do nível da consciência humana, onde os cálculos probabilísticos, se cogitados, apresentar-se-iam como operações muito mais complexas.

Como foi justificado por Shimony *as expressões de experiência com apetição das ocasiões atuais* são tão sutis que podem passar despercebidas, camufladas em grandezas mais receptivas à física ordinária (SHIMONY, 1933apubPENROSE, 1998 p. 158). É preciso um grau maior de organização da matéria, em sistemas mais sofisticados, para que a consciência, em interação de via dupla com a matéria, cresça e adquira expressão mais assimilável pela correspondência com a identidade humana. E como se desenvolve a estruturação mais complexa da matéria?

3.3 “Crescei-vos e Multiplicai-vos”, isto é, Diferenciai-vos – uma Explicação Possível.

Penrose desenha um esquema quando defende a necessidade de uma nova física para enfrentar o caráter aleatório da redução do vetor de estado, visando transformar esta transmissão em objetiva (PENROSE, 1998). Destaco, no seu esquema, quatro elementos: **U**, da evolução unitária da função de onda; **R**, da redução, e **C**, da física clássica, expressada na dupla condição de partícula e onda. (os quatro elementos são: U, R, p, o – sendo que o C fica representado por 2, “p” e “o”). (Fig. 3.1)

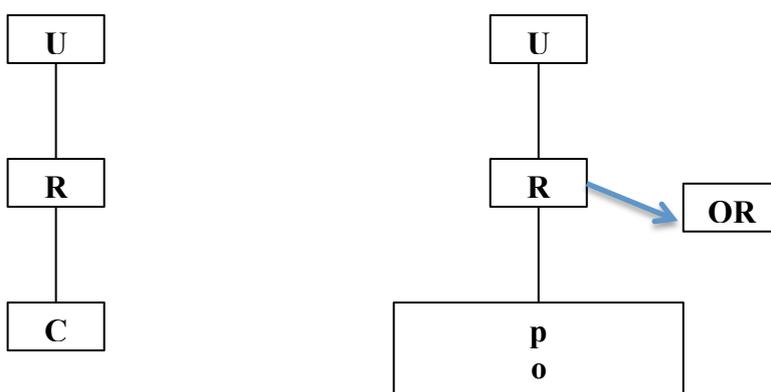


Fig. 3.1 – Esquema de Penrose adaptado. Propõe a entrada de uma nova física em “R”, viabilizando sua substituição por uma redução objetiva, “OR” (PENROSE, 1998).

Se por efeito da distinção das entidades, Descartes estruturou o dualismo da matéria e da alma, na contemporaneidade Popper optou por acrescentar uma terceira instância e elaborou um pluralismo, constituído por três mundos, com

uma hierarquia precisa. Do mundo físico emerge o mundo da mente e deste, o mundo da cultura (POPPER; ECCLES, 1997). Penrose, além de substituir o mundo da cultura pelo mundo platônico, que antevê habitado pelos absolutos platônicos e, entre estes, a verdade matemática absoluta, ele os relaciona através de uma hierarquia entrelaçada, dirigida por três mistérios e pensada através de três pré-conceitos. Cria-se um esquema para estes três mundos. O mistério 1, emergindo entre o mundo platônico e o mundo físico, pergunta “por que é que o mundo físico parece obedecer a leis matemáticas de maneira tão extremamente precisa?” O mistério 2 que trata da relação entre o mundo físico e o mundo da mente quer responder aquele problema já pontuado, sob o viés do realismo ontológico, como o *hard-problem* da pesquisa da consciência (itens 1.1 e 2.4.3.1), ou seja, “como a mente incluindo suas qualia surge do mundo da matéria?” O mistério 3 pergunta “o que subjaz à nossa capacidade de ter acesso à verdade matemática?” O seu preconceito 1 indica que todo o mundo físico pode, em princípio, ser descrito em termos matemáticos. Assim, pelo menos uma parte do mundo platônico abrange o mundo material. O segundo preconceito, afirmando que os objetos mentais baseiam-se na fisicalidade, vem tornar o mundo da mente dependente do mundo físico (um reforço do seu viés fisicalista). O preconceito 3 supõe que cada item do mundo platônico é acessível à mente humana. Portanto, a mente pode ser um dos habitantes do mundo platônico ou, ao contrário, que este se presentifica na consciência (PENROSE, 1998, pp. 105-109).

O esquema de Penrose para os três mundos pode ser sobreposto pelo seu outro esquema para uma nova física. O ente quântico e o nível U, da evolução unitária, seriam habitantes do mundo platônico, e seguindo esta justaposição dos esquemas, eu acrescentaria, no nível R, o princípio da dualização (ou princípio dual), também afinado com a instalação dos mundos da matéria e da mente, nesta realidade existencial, do nível C. Olhando para estes esquemas permiti-me derivar deles um modelo original à guisa de matriz para proceder a leitura de inter-relações entre níveis, mundos, entidades, sistemas e outros, sob o particular viés do realismo dualista, que tem na ambinomia seu fulcro diferenciador para tais articulações. Surge um novo esquema que denomino de MARA – matriz arquetípica do realismo ambinômico, cujos quatro elementos são abstraídos para números e letras: 0, 1, 1a e 1b (fig. 3.2).

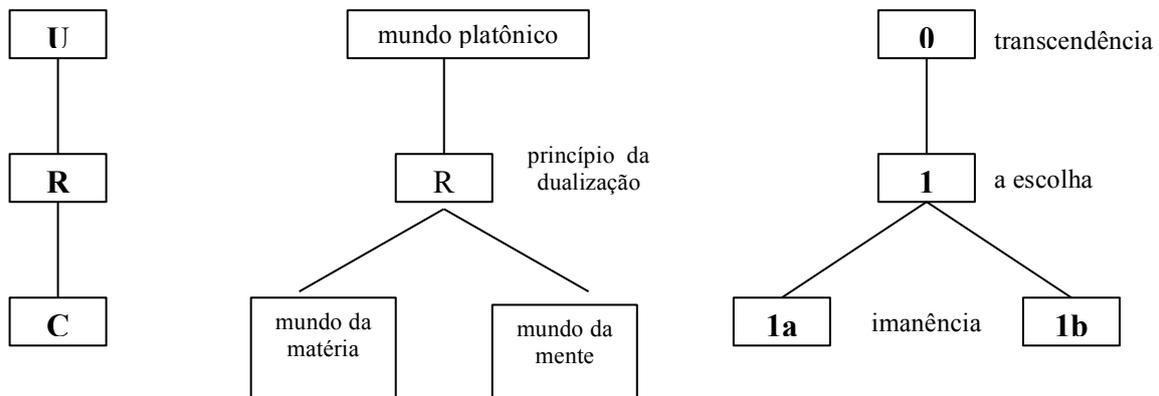


Fig 3.2 – MARA – Matriz Arquetípica do Realismo Ambinômico (0, 1, 1a, 1b),
 derivado da adaptação dos esquemas de Penrose para os 3 níveis da física e para a sua concepção dos 3 mundos.

Segundo o esquema MARA, usado pela ambinomia para a leitura da realidade, na instância “0” encontra-se o nível **transcendente**, da unidade não-manifesta ou integrada – não é concreta, é formal; na instância “1” há a prerrogativa da **escolha** que, em se utilizando o princípio da unificação, permanece-se na realidade transcendente, e em se utilizando o princípio da dualização, decai-se para a realidade imanente; e, na instância do “1a” e do “1b”, o nível **imanente** da unidade partida ou parcial é também apresentado como o nível imanente da dualidade.

Visando responder àquela pergunta posta acima, quando foi buscado entender a associação entre os diversos matizes da manifestação da consciência com o consoante grau de estruturação da matéria, este argumento da matriz arquetípica do realismo ambinômico (MARA) é valorizado por justificar a leitura específica e autoral sobre a evolução deste binômio, mente e matéria, em direção aos altos níveis de sua expressão. O percurso compreenderá a complexificação da matéria cristalizada no reino mineral, a emergência da vida de modo extenso no reino vegetal, o surgimento de instintos avançados e de consciência rudimentar e mediana no reino animal, e as expressões mais vastas de cognição e de abstração mental no *reino hominal*. Não deverá parar aí, mas por escassez

de recursos ousaremos apenas algumas digressões sobre a evolução ulterior desta dupla, matéria e consciência, em relação tão sofisticada quanto instigante.

Preenchendo com *informação, forma e função* as locações virtuais de MARA, segundo o entendimento do seu funcionamento como matriz essencial de todas as expressões da natureza (em pequeno e grande âmbito) e da vida social, a resposta da pergunta acima pode ser ensaiada. Quando se tenta responder o que vem primeiro, se é a forma ou a função, depara-se com questão deveras capciosa, pela dificuldade de apontar univocamente um deles. Para se constituir qualquer forma (composta) é preciso de função, como um conjunto de regras que define o movimento das partes (com a forma simples é diferente; não há plural) para a estruturação em questão. No entanto, a função parece se disponibilizar tão somente a partir de uma organização que a transpira. A indicativa interdependência deste par enriquece, em complexidade e vislumbre, ao se acrescentar o terceiro elemento, a informação. Dispostos os três, no argumento da matriz arquetípica do realismo ambinômico (MARA), a informação ocupa a instância zero (0), como realidade potencial, que ao lambear a fronteira da instância do um (1) e ser fertilizada pelo princípio da dualização há de se manifestar no palco espaço-tempo da instância 1a e 1b, como entidade que se compõe da dualidade forma-função, um princípio comparável à dualidade onda-partícula, explicada pelo princípio da complementaridade. Pode-se focalizar em qualquer entidade que se manifeste seu aspecto forma ou seu aspecto função e, com alguma abstração, as duas integradas e co-participantes.

Aplicando ao objeto quântico o esquema do continente MARA, preenchido pelo conteúdo informação-forma-função, vislumbra-se no palco numênico, sua condição potencial de pacote de ondas (informacionais) que integram em si, além da superposição das mensurações probabilísticas de certas grandezas, diferentes para cada sistema quântico, a potencialidade da sua manifestação como partícula ou como onda, com forma e função, no palco fenomênico. Com alguma abstração pode-se, até mesmo, contemplá-las, partícula e onda, como duas entidades interpostas e co-presentes.

Naquele palco transcendente da informação, do objeto quântico, cabem os absolutos platônicos, como quis entender Penrose, aqui traduzidos agora, como os aspectos da lei e da força, inerentes ao objeto quântico. Ao atravessarem a

barreira do nível um (1), impulsionados pelo princípio da dualização, que manda crescer e multiplicar, compõem o campo de força da matéria. Se aquele mundo platônico dualizou-se em mundo da matéria e mundo da mente, agora, a matéria, dividindo-se em férmions e bósons (de novo, de acordo com MARA) que interagem entre si, faz emergir os campos de força. Há aí informação, forma e função. Lei que cria forma com função. Lei que ordena a multiplicação da função com forma, e pluraliza o mundo da matéria. Como? Com iguais e diferentes. Neste mundo primário da matéria, as partículas elementares são os tijolos quânticos do universo. Trazem, no seu bojo, para este mundo da imanência, radiação, matéria e, não menos, proto-consciência. Esta, como informação das leis universais, a pautar os movimentos precisos da matéria, com o imperativo de crescimento. Movimentos precisos mas não totalmente deterministas, porque inerente à mentalidade rudimentar destes objetos quânticos feitos matéria, pulula a faculdade da proto-escolha, que injeta naquele nível micro da respiração cósmica uma aleatoriedade correspondente. Simples, mas efetiva.

Para entender a multiplicação da manifestação, em termos de princípio, sem especificar ainda o mundo da matéria ou da mente, é preciso retomar o argumento de MARA. Se a sua operação básica é repetida, há um crescimento pelo aumento numérico do mesmo. Operando: do zero (0) surge o um (1) e o um (1) pode se apresentar como 1a ou 1b. Esta apresentação pode se alternar sem qualquer fixação em uma das expressões ($1a \Leftrightarrow 1b$). Também é facultada a expressão simultânea dos dois (1a-1b). Ou ainda, ocorrer a fixação em uma delas e a outra ficar apenas como um potencial do passado, não mais atualizável (1a), (1b). Exemplo: um corpo-hermafrodita expressa característica de ambos os sexos, enquanto o corpo-macho já formado, apenas mostrou esta ambivalência em estágios bem primitivos da sua embriogênese. E vice-versa para o corpo-fêmea já constituído. Um segundo corpo-fêmea faz crescer em número este gênero, como um segundo corpo-macho faz crescer quantitativamente o seu próprio, se fosse atrelar uma reprodução assexuada para estes dois gêneros, com apenas a multiplicação do mesmo para os dois exemplares diferentes. Continuando a exemplificação através da reprodução, mas agora com a sexuada. Um corpo-macho que fizesse combinar com um corpo-fêmea suas matérias geradoras, daria origem a uma multiplicação pela diferença, porque mesmo que o

exemplar originado fosse macho ou fêmea, este não seria a cópia do mesmo, mas um exemplar diferente. Voltando ao princípio da dualização do esquema MARA, se a operação é repetida, aumenta-se o número de 1a e de 1b – um coletivo destes. Mas se eles se combinam, aparecem, sem sofisticar muito a operação, exemplares diferentes dos originais. Aparecem 1a1a, 1a1b, 1b1a, 1b1b. Com esta noção do crescimento e da multiplicação pelo igual e pelo diferente, pode-se entender a passagem dos objetos simples para os objetos compostos, o que Shimony chama de compósitos.

Os últimos parágrafos foram pontuados com a única intenção de elaborar um pouco mais a delicada questão da consciência que se requinta à medida que a matéria cresce e se transforma com a evolução. Assim, MARA (matriz arquetípica do realismo ambinômico), como continente para o ternário informação-forma-função, alimentando um objeto quântico, proporciona, a partir da combinação desta entidade simples com outro objeto quântico, a criação de nova entidade, agora composta de partes. Partes que funcionavam como unidades individuais simples, agora integram entidade composta – individualidade que assume nova identidade. Isto acontece, por exemplo, com os quarks na formação de prótons e mésons, embora não se admita a existência isolada do quark. A matéria ao crescer em tamanho, porque é produto de conjunção de partes, faz surgir o novo como um objeto diferente e mais complexo, o que significa não apenas a emergência de nova forma, mas de novas funções, como resultado de uma interação *sui-generis* do ternário original informação-forma-função. A potencialidade dos estados de consciência superpostos no nível zero, quântico, encontra na nova organização uma condição propícia para acolher aquilo que era potencial no nível numênico. Esta nova organização não somente acolhe informação mais complexa mas se deixa conduzir por ela, que intrinsecamente a acompanha, como lei que direciona seus movimentos, e também como consciência a fazer outras escolhas, ainda que rudimentares.

Este princípio aplica-se desde o nível mais elementar da natureza até a totalidade do universo, passando pela vida humana, individual e coletiva, esta como a expressão mais desenvolvida da consciência que conhecemos. O principal aqui é que aquilo que é unidade num nível abaixo, no nível acima é parte de uma unidade maior. E esta unidade maior será parte noutra unidade ainda

mais complexa, começando com as partículas elementares e terminando, por enquanto, no universo, como totalidade e, também, como uma individualidade. Partículas compõem átomos e estes compõem cristais e moléculas. Numa direção, vislumbra-se planetas, sistemas solares, galáxias, grupos de galáxias, supergrupos e... universo. São unidades tornando-se partes de novas individualidades. E não será o nosso universo uma parte a compor, com outros universos, um meta-universo? Ou será que seu ciclo termina na passagem de volta de R para U, ou de 1 para 0, operado pelo princípio da unificação? Ainda não dá para responder. E seguindo noutra direção, vislumbra-se a célula viva, os tecidos, os órgãos, aparelhos e sistemas, os corpos, os corpos vivos dos animais, e um animal bastante singular e curioso, o ser humano. Criando sua rota ou cumprindo seu destino? Ambinomicamente, os dois. Para prevalecer um ou outro como realidade individual ou grupal, depende da perspectiva, de como entende o seu cérebro, de como sente o seu coração – de em qual estado de consciência ele se encontra.

Se o término é tão difícil de se equacionar não menos o é o começo. Retomando o foco daquele início, quando foi abordada a multiplicação do mesmo e do diferente a compor a trilha de onde emerge a vida e a consciência humana, constata-se uma questão em aberto: como e por que aparece o ente mais simples, o mais elementar? Transposta a discussão para o âmbito da pesquisa do objeto quântico, como aqui foi tratada, a pergunta reveste-se no enigma da sua travessia por R, vindo daquela instância U, para se manifestar como real em C. Como e por que o objeto quântico faz isto? Na abordagem física determinista, conforme já repetido, quer se conhecer o elemento físico que justifique objetivamente a passagem. A gravitação de Penrose foi rejeitada porque se mostrou impotente para transformar R em OR. Aceitamos o apontamento de Einstein, desde que a consciência, um objeto não-físico, com o seu singular elemento vontade (ou escolha) seja aceita como a variável oculta faltante. Nesta perspectiva, a consciência pedirá, com certeza, um tratamento mais arrojado para responder a contento às demandas probabilísticas da redução das potencialidades quânticas.

3.4 Um Projeto Autoral de Modelo Quântico para a Consciência Humana.

Para abordar este problema, muito mais através de um ponto de vista filosófico do que por um físico-matemático, é preciso considerar o que é a consciência. Ao considerar a consciência como habitante do mundo quântico, é preciso destacar que a unidade, vigendo no nível quântico, é uma unidade inefável ou dissolvida que mais parece com um nada. Por isto, no esquema MARA este nível é abstraído pelo zero (0). Embora a melhor referência para lidar com ele seja a metafórica, lanço mão de um exemplo vindo da física das partículas: duas partículas fermiônicas, o elétron e o pósitron, quando combinadas desintegram-se transformando-se num fóton. Esta imagem sugere que a matéria, na sua substancialidade de massa, dissolveu-se, esvaiu-se deste plano – sabemos, é óbvio, que o fóton, como bóson, aí está. Mas tocando a consciência, ainda há pouco, com este trivial recurso humano da dualidade, a linguagem, ela acabou de ser referida como *um nada*. Se este *nada* serve para indicar que ela se dissolveu, desintegrou-se, esvaiu-se desta realidade comum, o *um*, que a acompanha, atesta a nossa necessidade de dar a ela uma substancialidade que ela não mais possui, de atrelar nela uma entidade existencial que ela também não ostenta. Por isto, um dos melhores tratamentos a ser conferido a esta instância U, quando se aborda o problema quântico, é o formal, que oferece com a matemática – este habitante diferenciado do mundo platônico – propriedades vantajosas para ensinar a exploração desta dimensão numêmica. Instiga nossa abstração, promove saltos no raciocínio, e fertilizando nossa consciência com *insights* originais gera as ideias, que permeadas na tradução livre de números para palavras, coagulam-se em conhecimento. Enfim, esta relação da consciência com a matemática, corresponde àquele mistério 3 de Penrose, “o que subjaz à nossa capacidade [mental] de ter acesso à verdade matemática [ao mundo platônico]?”, como também àquela observação de Born “a matemática sabe mais do que a nossa intuição”.

Então, sobre a consciência, entidade do mundo platônico, é preciso dizer: há consciência! Mas como nada, como zero e ainda, como potencialidade geradora.

Ainda: se a consciência, este inefável nada, no argumento MARA é zero (0), como e em que, propulsionada pelo princípio da dualização (1), no seu percurso de descida, ela se dividirá (1a/1b)? É preciso frisar que o objeto

quântico, presente no espaço formal U , é tido como informação, onda informacional, ou seja, uma expressão de consciência. Portanto, quando o objeto quântico se expressa na realidade C , traz consigo a consciência albergada nos férmions e nos bósons. E para oferecer um mínimo de resposta à questão instigante sobre o início da manifestação dos objetos simples, é preciso expor concisa e parcialmente o modelo de consciência que desenvolvemos.

Tal como o mundo platônico dualiza-se em mundo da matéria e mundo da mente, e o mundo da matéria divide-se na manifestação de férmions e bósons, também o mundo da mente dicotomiza-se em duas propriedades ou faculdades, provisoriamente denominadas de **potência** e **logos**. Na essencialidade platônica estão matéria e mente, assim como férmions e bósons, e, logos e potência. Trazido para o mundo da mente, o princípio da dualidade onda-partícula, até agora referência para o objeto do mundo da matéria, este se aplica também ao objeto do mundo da mente, diferenciado em potência e logos. Se à onda, na definição clássica, atrela-se a expressão contínua e espalhada para a excitação de energia que ela carrega e à partícula oferece-se a noção de localização no espaço-tempo para a massa que ela carrega, este entendimento é também dirigido para o objeto do mundo da mente, denominado, a partir de agora, de **psícula**, numa analogia à partícula.

Ampliando: se o objeto quântico, como matéria e radiação, não é apenas forma e função, mas também informação, e a informação, nele, é uma expressão da proto-consciência, pode-se agora dizer que ele, além de partícula, é também psícula. Além dele carregar, como partícula, momento e energia cinética, também conduz, como psícula, potência e logos. Conduz a psícula estas grandezas mentais, de maneira difusa ou pontual, tal como a partícula. Aquele princípio da dualização aplicado às psículas da potência e do logos acaba por revelar suas grandezas intrínsecas. Quero dizer que a dedução da existência destas grandezas mentais, aqui, foi realizada de modo similar ao utilizado por Whitehead.

“Os significados desses conceitos [das características mentais como, experiência, apetição e imediação subjetiva, que dotam as *ocasiões atuais*] são derivados da mentalidade de alto nível que conhecemos introspectivamente, mas intensamente extrapolados de sua base familiar” (WHITEHEAD 1933apudPENROSE, 1998 . p 157).

Então, nós, base familiar da experiência, somos o *lugar* de onde a assimilação destas grandezas mentais emergem; a saber: dualizando-se a potência, ficam reveladas a volição (vontade, livre arbítrio) e norma (lei, ordem). Chamo-a também de psícula **volitiva-normativa**, expressada como **Querer e Dever**. Dualizando-se o logos, ficam reveladas a razão (pensamento lógico-racional) e emoção (sentimento, afeto). Chamo-o também de psícula **logo-emotiva**, expressada como **Pensamento e Emoção**. São dois pares espontaneamente bem casados, como o são os seus antecessores, potência e logos, ou ainda, matéria e mente. Assim, eles estão nulificados, *inexteriorizados* – ficam no nada, no zero. Na terceira fase de dualização (depois de matéria-mente e potência-logos, mas agora apenas considerado no viés da mente), os pares essencialmente bem casados são, **Querer-Dever** (da potência) e **Pensamento-Emoção** (do logos). Isto quer dizer, que na linha da potência, a vontade permanece pautada pela norma, em compasso de equilíbrio. Na linha do logos, a razão pauta a emoção, em relação de harmonia¹⁵. Na potencialidade da manifestação, estes pares quebrados, formam quatro combinados: **Querer-Pensamento** e **Dever-Emoção**, intrinsecamente auto-regulados, nulificados (razão pautando desejo e norma pautando emoção); e, **Querer-Emoção** e **Pensamento-Dever**, em que a assimetria do primeiro é regulada, nulificada, pelo segundo (desejo estimulado pela emoção, no primeiro; e razão justificando a lei, no segundo). Os dois primeiros pares-compostos da mentalidade sofrem combinações diretamente equilibradas, e os dois últimos realizam combinações cruzadas (comparáveis ao *crossing-over* que, no DNA, propicia radicais mudanças fenotípicas). Apesar de formarem combinados assimétricos, o segundo, **Pensamento-Dever**, tem a propriedade de regular o primeiro, **Querer-Emoção**, nulificando potência e logos, mente e matéria, e sentando permanência no zero numênico da consciência, se esta for a referência priorizada para verbalizar o indizível.

Focalizando os combinados alterados, descobre-se que pela presença de uma força intrínseca em um deles – **Querer-Emoção** –, caso não ocorra a nulificação promovida pelo par-composto complementar, **Pensamento-Dever**, a

¹⁵ Esta concisão não contradiz outra forma de equilíbrio e de harmonia fora desta hierarquia de pauta, especificamente aquelas próprias da assimetria, mas que assim não devem ser tomadas aqui.

assimetria há de prevalecer. Se a *escolha-emocionalizada* for a mais efetiva, o percurso de decaimento, passando por R da física ou pelo nível um (1) de MARA, terá sido ativado e, como consequência, terá se consumado a primeira e fundamental quebra de simetria. Impulsionada, aí, pelo princípio da dualização, uma das possibilidades será atualizada. Qual? Aqui, encontra-se a grande diferença desta tese: **a opção atualizada é aquela escolhida por uma potência intrínseca ao processo – a vontade**. Por isto é preciso ressaltar que o elemento de maior domínio nesta determinação, no qual, em última instância, recairá sempre o peso da decisão pró-manifestação, é a potência da vontade – uma determinação que depende da vontade e, portanto, da escolha, não permite excluir, deste processo, um quinhão essencial de aleatoriedade. Há ainda a acrescentar que neste híbrido particular – *desejo-e-emoção* – a grandeza emoção é fomentada pelo original combustível do princípio do prazer¹⁶, aquele que Freud estabeleceu como o fundante da psique, porque, como norteador das pulsões, mantém vinculação inextrincável com a fonte dos processos primários da mente. Por consequência, a força que este combinado detém é por demais poderosa, assertiva confirmada por simples observação da vida psíquica humana.

Por haver ressonância emaranhada entre o nível macro do universo, como unidade que é, com as partes simples e mínimas que o compõem no nível micro, opera-se organicamente no todo, instantânea e simultânea influência recíproca, através do espaço privilegiado da não-localidade, como decorrência da máxima e da proto-escolha, uma decorrente da totalidade e a outra de suas partes elementares. Não ficam excluídas deste concerto cósmico as outras medianas escolhas, próprias dos diversos níveis de manifestação da vida, entre os superlativos extremos. Operam todas fazendo opção ativa entre o princípio de unificação, que mantendo a integração, garante a quietude, o silêncio e a nulificação do mundo numênico, e o princípio da dualização, que concretizando a divisão e a diversificação, cria o mundo fenomênico de variada e múltipla manifestação. Para tais decisões, a consciência própria de cada nível usa a mesma matriz arquetípica, em que dialogam entre si, as potências da vontade e

¹⁶ Serão suprimidos outros “combustíveis” que funcionam também em dupla, neste modelo de psique, como uma espécie de valência da psícula, cômico de que este encaminhamento não compromete, em muito, o entendimento do modelo.

da lei, livre-arbítrio e determinismo, ponderadas e estimuladas pelas faculdades da razão lógica e da emotividade sentida, em graus distintos de prevalência, de acordo com a estrutura feita de matéria e mente, que ali se apresentam. Isto faz do universo um sistema organicamente comprometido, funcionando holisticamente, cujo destino está sendo determinado agora, e por ser em todos os seus níveis, aqui, também.

Extraindo a não-localidade quântica – pelo menos para estar de acordo com a nossa acanhada observação clássica – de um organismo animal, a imagem serve como uma boa analogia para o acima descrito. Tome-se os seus mais diversos níveis de expressão e perceba a interdependência e integração sistêmica de suas unidades-partes, como forma-e-função – atômico, molecular, celular, de tecidos, de órgãos, aparelhos e sistemas – até chegar no topo do corpo humano, por exemplo, como um todo e como individualidade, estruturalmente complexo e funcionalmente diferente, a mandar de volta, para todos os níveis, sua onda de influência informacional, isto é, emocional e mental.

Participando deste universo holístico, caberia saber que destino nós, enquanto humanidade, estamos criando? Para chegar à resposta, dispondo daquele motor arquetípico, acrescentaríamos que aqueles quatro combinados – vontade-racionalizada, vontade-emocionalizada, dever-racionalizado e dever-emocionalizado¹⁷ – vão operar para o empenho de três funções básicas, **a existencial**, que responde pela sobrevivência física, **a afetiva**, que cuida das inter-relações pessoais, e **a cognitiva**, que proporciona o conhecimento, cujo mais nobre alvo é o conhecimento de si mesmo (item 3.5). Esta síntese – viver, inter-relacionar-se e conhecer – dá conta de toda a nossa inserção frente às demandas de interação com o mundo, para as ações que nos são necessárias e cabíveis. Com isto estabelece-se a cota de participação humana, no destino cósmico, através do seu mediano nível de interação com o universo.

3.5 Um Novo Princípio Epistemológico é Proposto para a Pesquisa da Consciência sob o Enfoque da Primeira Pessoa.

¹⁷ Há outros combinados mas em razão da concisão foram omitidos aqui.

Para aprofundar mais esta resposta é preciso desenvolver a compreensão sobre a função cognitiva. Se buscado aquilo que é digno e viável de ser conhecido, como procederam os primeiros filósofos, não se fará aqui, e nem será proposta, a opção do tipo excludente seja a do idealista seja a do realista, apesar do ressaltado para o valor diretor da consciência, que traz embutido em si a vontade. Mas validando os dois enfoques teóricos, não caberá também adesão à uma epistemologia cartesiana de separação radical entre mente e matéria, não obstante o entendimento de uma condição especial para a mente. O procedimento deve seguir aquela nossa específica leitura dos três mundos de Penrose, em que matéria e mente, como expressões da realidade platônica, apresentam-se tão inextricavelmente ligadas que conhecer uma implica em obter informações sobre a outra. Isto foi esboçado naquela compreensão que a matéria, em última instância, se faz identificada através de um formalismo matemático, que é ideia, ou seja, processo mental. Mas, neste encaminhamento, também foi visto que há uma limitação para o conhecimento da matéria, dado pela mente. Em verdade, mais pelo seu *modus-operandi* do que por sua natureza. Tanto a mente como a matéria, no seu extremo máximo, hão de se limitar própria e reciprocamente, estagnando-se, em decorrência da regência do princípio dual, conforme ilustrado na irreducibilidade imposta pela dualidade: onda-partícula para os bósons e os férmions, e algo parecido para a potência e o logos. Vai longe a época em que se apostou numa das duas condições, onda ou partícula, na crença de que não faltaria o conhecimento verdadeiro carimbando um veredito final (item 1.2.3). A aposta que faço agora é a de que este princípio dual, na forma de indecidível não resolvível, também há de se aplicar ao problema da medição, rendida ao realismo dualista (item 3.2).

Einstein queria realidade física para aquele objeto quântico antes da medição. Bohr admitia ali apenas um catálogo epistêmico, virtual, de informação, e comprometia a realidade com os objetos clássicos. No enfoque do realismo dualista prevalece aquela compreensão própria da ambiguidade. Os dois estão parcialmente corretos – sua correção depende, apenas, de onde e como. Pode até se valer, nesta circunstância, daquele princípio da complementaridade, introduzido pelo físico dinamarquês. Aplicado às duas instâncias, à potencialidade de U e à atualização de C, facultará para uma, a realidade do mundo numérico,

habitat privilegiado da consciência, por ora conhecida apenas pela especial linguagem da matemática, e para outra, a realidade própria do mundo material, de domínio da física clássica. Este elemento consciência, se acolhido no campo da física, mas de uma física revolucionária (referência àquela ciência revolucionária de Kuhn (item 1.2.4), disposta a lidar com o fator informacional explicitamente destacado nas suas novas e adequadas equações, estará fazendo jorrar nesta realidade fenomênica a singularidade da realidade numênica. Uma física progressivamente revolucionária promoverá a unificação da física quântica com a ciência da consciência.

Fazendo isto, está claro que enquanto ainda se estica a abordagem deste objeto quântico no interior das suas cercanias fenomênicas, está se preservando o funcionamento dual, convencional, da mente. É esta mente seguirá assim, manipulando empiricamente o objeto enquanto elabora formalismo e teoria consistentes. Mas o que resultará caso seja refugada aquela expressão cristalina da linguagem matemática, tida como reflexo dos processos mentais? Isto porque considerando a matemática como um habitante do mundo platônico – mesmo com sua pragmática coerência e com a sua estonteante beleza –, ainda assim ela é um reflexo dele na mente e para a mente. O que será quando estas expressões forem deixadas e no seu lugar ficar a mente? Não a dual, mas tão somente a mente una? Ou, a consciência, mas apenas ela em forma de auto-consciência? O que será encontrado?

Que epistemologia dará conta desta pesquisa da consciência, dado que agora não se trata de parar para estudar a consciência no enfoque dualístico da terceira pessoa? Talvez caiba voltar àquele momento na história da epistemologia em que se discutia se o método mais adequado para o conhecimento científico (da matéria) era o racional ou o empírico. Talvez caiba não um retrocesso, mas um regresso à exclusividade de um método racionalista devido a um motivo muito *sui-generis* do objeto em questão: a consciência, para sua pesquisa em primeira pessoa, como sujeito (item 1.3), cuja alta singularidade consiste em se ter investido num mesmo tempo e num mesmo ato mental, o sujeito e o objeto. Um regresso em primeira virada, mas sucedido de avanço para se alcançar novo método, afinado com as específicas demandas desta pesquisa.

Se caberia, numa primeira abordagem, o recurso do método racional para organizar protocolo adequado a ser aplicado a um coletivo de pesquisadores (os conscientistas), a fim de evitar os enredamentos próprios dos enganos solipsistas, na sua sequência, caberia fundamentar nova epistemologia adequada a este movimento de introspecção, consoante com a proposta de estudar a consciência no enfoque de primeira pessoa¹⁸.

A abordagem da consciência em primeira pessoa, mais do que uma investigação, é um treinamento da mente para transformar o seu funcionamento ordinário de base dual em funcionamento distinto de condição unitária. Sem querer detalhar o próprio método e suas consequências agora, já elaborado em protocolo próprio para outro campo de trabalho, caberiam duas considerações a propósito de uma compreensão mais simples sobre consciência ordinária e sua passagem para mente una.

A primeira consideração sobre a pesquisa em primeira pessoa é tecida através da relação entre dois estados diferenciados da mente humana, em funcionamento dual. O estado de vigília e o estado de sono. Mas antes de entrar nesta relação, caracterizemos que vigília é esta. Se acordado, o ser humano encontra-se com a atenção mais ou menos flutuante, sem foco preciso ou, ao contrário, concentrado num tema do seu interesse, chegando, no extremo, ao alheamento de tudo que ocorre à sua volta. Não seria incorreto dizer que nestas condições falta-lhe a autoconsciência. Em tudo o que pensa, de forma saltitante ou dirigida, falta a subjetividade genuína porque, se de ordinário ela é implícita, também é inconsciente ou pré-consciente. Mas ela pode se ausentar mais ainda. Se para melhor flagrar a sua ausência que se extremou é preciso convocar uma situação mental para baixo – de nível de consciência inferior –, para evidenciar a autoconsciência é preciso dirigir-se para uma condição mental de nível de consciência superior.

A situação do nível inferior diz respeito ao processo do adormecimento. Se aquilo que pode ser configurado como ato (de dormir) for esticado temporalmente, com trânsito de idas e vindas neste largo – alguém já deve ter tido uma

¹⁸ Uma escola não muito conhecida neste campo de ciência ocidental, que vem a ser a escola introspectiva e contemplativa da meditação.

sonolência irresistível quando era proibido dormir –, é possível discriminar, em se caindo mais para a entrega ao sono, a ausência de direcionamento na matutação ideativa que aí, misturada e *ilógica*, prossegue. O sujeito não mais está ali no comando. Mas se retorna à vigília, retoma a direção. O que diferencia um estado do outro é a presença da subjetividade, daquela forma aludida, ou seja, implícita.

Para seguir com a segunda consideração sobre a pesquisa da consciência em primeira pessoa, é preciso convocar outra relação entre dois estados diferenciados da mente humana. Aquela que propicia a passagem do funcionamento dual para o uno, particularmente apontada no penúltimo parágrafo como a instalação da autoconsciência de nível superior. O elemento distinto que introduz este *plus* de consciência ao nível vígil ordinário é **a intenção de permanecer no comando** desta observação *sui-generis* da própria mente em funcionamento. É uma condição deveras diferenciadora esta a de conclamar a presença do observador de si mesmo, com a proposta de nada provocar e nada evitar, mas sim, apenas observar, em atitude passiva de acolhimento, aquilo que espontaneamente se manifesta. Em ato contínuo há de se constatar a extrema dificuldade de manter a presença deste protagonista singular, o observador de si mesmo, por tempo prolongado, sem se envolver com os conteúdos emergentes.

A subjetividade que protagoniza a diferença entre sono e vigília, com intensa perda do sujeito no estágio do sono (menos no sonho e total no sonho sem sonho) e recuperada em forma de subjetividade implícita, embrulhada nos conteúdos mentais durante a vigília, dispersa ou concentrada, guarda um paralelo de referência com a autoconsciência. Isto é, se a subjetividade é o mediador entre sono e vigília, a autoconsciência é o mediador entre o funcionamento dual e o funcionamento uno da mente, mediante uma mudança singular deste sujeito. Para que haja evolução entre estes estados, é preciso o adição de uma vontade especial, em prol da constituição do sujeito-observador de si mesmo, condição indispensável para o alvorecer da autoconsciência superior, como marco inicial da entrada no funcionamento uno da mente, que prosseguindo no seu desenvolvimento próprio, há de se caracterizar por ser, estranhamente, sem sujeito.

Muitos são os fatores influenciadores desta intermitência entre consciência ordinária e autoconsciência, entre ausência e presença do observador de si

mesmo e, portanto, muitos são os determinantes da conquista deste novo domínio da mente. Concentração e vontade são indispensáveis mas não suficientes. No entanto, o objetivo do momento não é o de analisar a relação entre tais fatores, mas sim o de prosseguir em considerações que permitam comparar esta intermitência de estados mentais com os termos quânticos, por demais mencionados nesta dissertação.

3.5.1 – Associando a Coerência Cerebral com os Estados de Consciência

No enfoque quântico de Penrose-Hameroff para a consciência, levando em conta a coerência 40 Hz, discrimina-se aqueles dois instantes – um intervalo de 25 milissegundos, em que os microtúbulos com tubulinas em superposição perfazem a pré-consciência, e o súbito ato de consciência, subsequente à perda da coerência própria daquela superposição. Uma consciência discreta, em saltos a cada quarenta avos do segundo. Tomado como referência o cinema, entende-se porque a sequência, apesar de formada por discretos atos de consciência, comparáveis aos fotogramas, faz do descontínuo uma impressão de continuidade. No intervalo entre dois atos de consciência vigora uma condição de pré-consciência, correspondendo à considerável quantidade de tubulinas em coerência quântica, computando de acordo com a evolução da função de onda, nestas unidades – OR para Penrose-Hameroff e ocasiões de experiência para Whitehead. À medida que este mínimo tempo avança, *escolhas* vão acontecendo e superposições vão cedendo lugar à redução, de modo a compor unidades maiores em núcleos e em áreas cerebrais, até que a combinação destas ondas informacionais afirmem um ato de consciência, através do cérebro. Um único ato deve ser pouco para gerar significado, mas o encadeamento de alguns, não. Considerando hipoteticamente que cada quarto de segundo seja um tempo razoável para se formar um evento mental com significado, uma sequência de dez daqueles atos de consciência, com coerência 40 Hz (um a cada 25 msec), seja um número suficiente, o que equivale dizer que uma quantidade razoável de massa cerebral entrou em superposição e saiu, realizando sua função de alternância inconsciente/consciente.

O que está acontecendo no cérebro durante este tempo? Levando em consideração, por exemplo, um dos instintos mais básicos, o da sobrevivência, participante daquela função existencial, cujo sucesso da evolução biológica

conseguiu dotar o organismo de eficientes recursos para evitar a morte, o cérebro está continuamente processando informações originadas dos órgãos, da localização espaço-temporal do seu corpo e de toda sorte de vicissitudes que ocorrem à sua volta, a fim de que, numa primeira instância, medidas adequadas em prol do seu bem-estar, que significa estar vivo, sejam tomadas. Entre elas, ações responsáveis pela homeostase fisiológica e reflexos são desencadeados involuntariamente. Outras preparações cerebrais são dispostas em determinadas frequências para que a consciência do indivíduo, delas se apoderando, decida a melhor operação a seguir.

Utilizando a analogia de uma agência de notícia que funciona como central de informação a disponibilizar a cada hora um resumo dos fatos do mundo, o jornalista que a acessa a cada hora tem uma noção mais exata do movimento mundial de um dia, do aquele que lá foi apenas duas, três vezes neste tempo. Por outro lado, este que a visita duas vezes por dia, intensificará seu acesso para de duas em duas horas, caso fatos graves e urgentes coloquem o mundo em frenesi. Não sei se a analogia é evidente, mas deduzo que em situações de perigo, a coerência possa saltar de 40 até para 80 Hz, a fim de que a nossa consciência pessoal tenha informações mais frequentes, o que implica, pelo menos em parte, mais “gente” (massa) trabalhando no cérebro, para constituir um melhor repertório de decisões estratégicas.

Penrose cita o dado empírico da sincronicidade gama 80 Hz, colhido em monges tibetanos durante a prática de meditação, correspondendo a experiências de alta frequência, em que uma maior coerência da OR-orquestrada no cérebro, favoreceria a expansão da consciência para estados mais despertos (PENROSE, HAMEROFF, 2011, p. 21). Este dado permite retornar àquela relação entre subjetividade e autoconsciência, desenvolvida acima, para algumas ilações. De outra feita é também possível fazer associação entre meditação e pesquisa de consciência em primeira pessoa. No instante de introspecção próprio destas atividades, busca-se fechar as janelas dos sentidos, dentro do possível, a fim de que haja menos estímulos sensoriais, já que se prepara um lugar e um momento em que, por exemplo, todo aquele radar que fareja perigo de morte (referindo-se apenas à função existencial), possa ser desligado porque risco de vida não há. Ocupar-se com este tipo de medida torna-se desnecessário. Também não será

requerido cuidados específicos com o corpo conquanto um razoável estado de equilíbrio e conforto, de antemão providenciado, eliminou demandas desta natureza. Logo, a tendência previsível seria a de diminuir a frequência da sincronidade gama, já que menos massa e menos função cerebral precisariam estar em atividade. Como, então, aqueles meditadores acusam coerência de 80 Hz ou até mais?

A frequência de 40 Hz é própria do estado ordinário de consciência, em que o ser humano está respondendo às exigências naturais do viver comum, inclusive àquelas relacionadas com a garantia do seu bem-estar físico básico. E o faz com aquele disperso estado de consciência, ou mesmo razoavelmente concentrado, cuja presença da subjetividade é implícita. Quando se tem a atenção bem concentrada num foco único, como a do meditador que quer implementar e manter a presença do sujeito-observador de si mesmo, o instrumento que detecta a sincronidade gama apenas faz medidas quantitativas (no exemplo, 80 Hz), não captando aquela relatada qualidade diferenciada de consciência, que acompanha a alta frequência medida, que traduz, deduzo eu, a capacidade de colocar em coerência uma maior massa cerebral sob um mesmo comando, correspondendo aos níveis superiores do funcionamento da mente una¹⁹. O comando desta grande coerência estaria sendo realizado pelo observador presente, que se mantém, e que faz começar a geração da autêntica autoconsciência.

Então, o mais importante aí não é a coerência naqueles 12 mseg com a evolução pré-consciente de tubulinas superpostas, mas sim a coerência da sequência de OR eventos, em que os atos de consciência afinam-se para compor uma unidade superior que é a da mente una. Se no caso do funcionamento ordinário da consciência, os padrões de ego (aquilo que define espontaneamente o comportamento característico de uma pessoa), emergentes daquelas atividades pré-consciente e inconsciente, impõem-se como ato e sequência autômata

¹⁹ Embora se consiga também intensa concentração nas atividades intelectuais de grande investimento, há muita diferença em relação à qualidade do estado de consciência alcançado como resultado do *exercício* mental quando os elementos ativo e passivo são um único e o mesmo, ou seja, quando se apresentam criando o sujeito. Ampliando: conhecer o sujeito é bem diferente, para a mente, do que conhecer um objeto – o que está em questão, com a autoconsciência é o autoconhecimento, mas um conhecimento especial de si mesmo, resultado do funcionamento da mente una.

mínima de eventos mentais, flagrada nos devaneios cotidianos em que o sujeito seguiu embrulhado, com o funcionamento unitário da mente é diferente. A mente treinada é capaz de substituir esta emergência de padrões de ego pela presença do observador que favorece qualidade diferenciada para a consciência. Esta é a nossa hipótese, que conjuga coerência cerebral, medida empiricamente nas faixas de 40 a 90Hz, com estados de consciência.

3.6 A Função Humana, Individual e Coletiva, num Universo Holístico.

Qual seria o teor da experiência caso fosse prolongado o tempo da presença deste sujeito-observador de si mesmo? Ou se fosse perguntado: pragmaticamente para que serve isto, de imediato, outra resposta não me ocorre do que aquela oferecida por Faraday, quando apresentava, em sessão solene da Royal Society, suas descobertas sobre a indução eletromagnética. Interrogado por sua majestade, a rainha, para que servia aquilo, ele improvisou resposta com outra indagação: para que serve uma criança? Sem desconsiderar os encantos múltiplos da tenra infância, tal como é, cabe pensar que todos aqueles benfeitores da humanidade, como o próprio Faraday, foram um dia esta criança de valor incomensurável. Que mundo novo espocou para a nossa civilização com o benefício dos desdobramentos daquela incipiente indução eletromagnética está fora da atual cogitação pelo óbvio resultado já impregnado na nossa civilização. Mas, e quanto a esta diferente modalidade de autoconhecimento? Há alguma relação entre esta especial introspecção e a busca de resposta sobre o papel da contribuição humana no concerto holístico do universo?

Antes de discorrer esta resposta faz-se necessário o retorno aos três mundos, mas não os de Penrose, pelo menos em primeira tomada, mas aqueles de Popper. O mundo diferente dele em relação aos de Penrose é o da cultura, entendido como o repositório humano, em forma de saber, técnica, arte, direito, e outras coletivas conquistas. É tudo aquilo que pertence à condição atual e passada da humanidade, que se impregna em cada indivíduo, formal ou implicitamente, através da família e das instituições sociais, por necessidade e por escolha. No argumento de Popper, a matéria se complexificou, adquiriu vida e, pelo desenvolvimento especial da linguagem, fez emergir a consciência humana. E como elaboração e produção do mundo da mente, o terceiro mundo, o da

cultura, emergiu. Eis um resumo sucinto dos seus três mundos (POPPER e ECCLES, 1997).

Mas esta referência popperiana não é trazida para destacar a cultura como resultado de toda esta produção humana, viva ou armazenada, se não como símbolo de todos os agrupamentos que o indivíduo cria no seu meio social. Entre eles, a família ocupa importância específica, porque sendo fruto das relações construídas a partir das necessidades básicas dos rebentos trazidos pela procriação, funciona também como matriz, que filtra os valores e costumes da sociedade onde vige e transfere para a nova geração, na intimidade que o ambiente doméstico, implementador da sua formação, proporciona. Em ato contínuo, e até simultâneo, proporciona o retorno do resultado de suas vivências à mesma comunidade, reforçando e alterando hábitos e morais. Há uma nutrição recíproca das duas instâncias, através do mesmo sujeito que a ambas sustenta. Entendemos que certos arquétipos – uma gama de instintos que os primatas refundaram e suas proles sucessivas desenvolveram – inerentes à condição humana funcionam como forças formativas, em conjunção com fatores sociais, da consciência que nos é própria. Noutra dizer, fatores intrínsecos e externos, participam na construção de cada nova individualidade, que nasce e se desenvolve nesta interface de família-cultura.

Afora esta condição especial da família, há toda uma série de coletivos constituídos pelo viver comunitário. Além daqueles de natureza profissional, há os de ordem política, religiosa, educacional, artística, recreativa, como os principais. Entre os institucionais, há os mais rígidos e duradouros, e outros, mais livres e efêmeros. Em todos, o sujeito contribui, com suas peculiaridades e relações interpessoais, para a definição das características dos seus coletivos. Não consta deste objetivo estudar a variedade enorme de tais agrupamentos, mas enfatizar o seu leque de expressão, que partindo dos pequenos, em número de participantes e de duração, vai até o maior deles que é a própria humanidade. Engloba todos os habitantes deste planeta, mudando, em mínima gradação, a cada dia, a cada hora, ou numa progressão extrema quando se pensa sua passagem em séculos e milênios. Mas sua existência prolonga-se em todo o tempo da nossa civilização, sem que saibamos o tamanho da sua finitude nem a qualidade do seu destino, a médio e longo prazo. Se se disser, que depende de nós, de cada um de nós,

pode parecer óbvio, irreal ou ingênuo. Cada impressão deverá depender do grau de informação, de conhecimento e de consciência de quem a sustenta. Na sua inteireza, é o maior coletivo de consciência, no maior grau de desenvolvimento que conhecemos e, mais, somos integrantes dele. Qual é a nossa função nele, e qual é a sua função neste universo holístico, já desenhado? Será a de um crescente, de pessoa para a família, da família para a sociedade, da sociedade para a humanidade e desta para...?

Para terminar, volto ao início. Início da dissertação e também da nossa civilização ocidental, ou nosso berço – a civilização grega clássica. Um dos seus lemas foi o da verdade, com bondade e beleza. Quis que o conhecimento, para que fosse genuíno, integrasse-se com ética e estética. Se tal orientação é pertinente para o ser humano, ela é visível em outras expressões da natureza, custeadas por consciência? Nos níveis inferiores, contrastam-se positivas imagens, antevistas no colorido, na forma e no aroma de uma flor, ou na proteção zelosa da cria pela fêmea-mãe, com exemplos opostos, como aqueles de convulsões da Terra e da violência animal. Revelam combinação de ordem com desordem, iniciada por uma primeira *assimetriação*, que ousamos começar a perquirir e a esboçar, nesta dissertação. Mas se neste ato a manifestação se iniciou, não foi com a exclusão total do seu oposto, ou seja, a da tendência à simetria, à (re)ordenação. Se em todos os degraus de expressão da vida universal palpita a presença simultânea dos dois princípios, o da dualização e o da unificação, cabe também, de acordo com o nível de consciência, a escolha em que sentido operar. Em termos de práxis, só temos como responder, e é o que devemos fazer, pela nossa esfera de ação, a humana.

Ilustro com mais uma imagem da natureza, visando alcançar ou pensar a posição que nos é própria. Quando ainda na fase rudimentar dos insetos, presenciemos a relação curiosa de integração e comprometimento da parte com o todo, por exemplo, entre abelha-colmeia-abelha-colmeia (no desenho livre, eu faria desta linha de quatro palavras um círculo para mostrar melhor a interdependência sinérgica dos seus dois elementos) – considerando o indivíduo-parte abelha e o todo-parte colmeia. Se o par, abelha-colmeia, consegue construir uma estrutura comunitária quase-perfeita, e em estreita e valiosa sintonia com o seu ecossistema, há que ponderar que é um feito por meio do instinto. De

imediatamente, não conseguimos mensurar consciência ali – parece somente automatismo. Extrapolando o olhar para a estrutura comunitária humana e correspondente, constata-se que com mais inteligência, criatividade e... maior grau de liberdade para escolhas e ações, conseguimos menos. Mas não fazemos repetitivamente a mesma casa comunitária ao longo da história. Testamos, acertamos, erramos, mudamos. Há vantagem nisso? Que destino temos e qual é a sua relação com isto?

Se é neste tipo de cenário convulso que a humanidade desperta, vislumbrando na sua construção civilizatória a briga entre estes dois princípios, cabe a indagação sobre como seria agora a sua inserção sob a influência da inspiração grega, relacionando consciência com vontade. E como seria a sua tradução no mundo atual? Qual deveria ser a ação humana? Mesmo que neste nível, eles sejam apresentados como bem e mal, e seja este par sopesado com a cuidadosa relativização dos valores, incluindo o uso daquela cara referência da ambínomia, defendendo a viabilidade do encontro e da prática de um equilíbrio entre os dois princípios, sob a inspiração grega, em benefício e a caminho de uma comunidade mais sintonizada com o todo planetário, admitido como que regido pelo princípio da unificação. Isto decorreria da possibilidade da prevalência deste tipo de equilíbrio para cada ato de consciência, seja o individual ou o coletivo. Salientando, no entanto, que as fronteiras deste ato de consciência, atrelado às curiosas relações da parte com o todo, sejam borradas, e, portanto, de difícil definição de onde termina uma e começa a outra. Conectam-se intimamente, embaralham-se. Consciências mínimas operando para favorecer consciência máximas e vice-versa.

Quero ressaltar que o exercício para o funcionamento da mente una, além de servir para conduzir a outras formas de conhecimento, dirige-se para o autoconhecimento que envolve autoconsciência. Por dispor, neste estado, de fina sintonia com o princípio de unificação, contém escolha lúcida a serviço do bem-estar comum. Este treinamento implica na lida diária com o trânsito entre consciência ordinária e autoconsciência, para ajustar beleza com bondade, conhecimento com ação. Seu plantio local promove, no global, a colheita da cultura de paz. Implica em escolher ou aceitar fazer o possível, certo de que, pelo menos naquele ato de consciência, o possível é o que deve ser feito. Ação local

como oferenda pessoal para o bem coletivo, de construção constante em prolongada jornada humana.

As considerações finais sobre a presença destes dois princípios terminam no âmbito da física.

Se a física sabe muito bem valorizar a entropia como estado que acusa a desordem crescente na natureza, precisaria da biologia que sabe correlacionar catabolismo com anabolismo para explicar o processo vital dos organismos (que termina na morte, é certo), como luta de dois princípios opostos mas complementares, para desenvolver a sua outra perna mirrada. Precisaria deste tipo de retorno da biologia, da neurociência, das ciências sociais, em sintonia com aquele caráter revolucionário e unificador que tanto mencionamos. Ele implica em integração das ciências. Se se abrisse a esta fertilização da biologia estaria à procura da contraparte da entropia. Se ao catabolismo é possível vincular a entropia, o que haveria, na física, para se ligar ao anabolismo? O que seria responsável, na natureza, pela organização da matéria? Somente as quatro forças? O que seria responsável pela injeção ou pela emergência de vida nesta matéria? Estaria ainda invisível, mesclado entre a matéria escura e a energia escura? Estaria oculta no equilíbrio entre esta primeira que agregada, ao máximo, constrói os buracos-negros, e a segunda, que acelera a expansão do universo?

Se se leva em consideração o caráter mais revolucionário da mecânica quântica, a que tanto aludimos, sua esfera mais alta de ação seria na unificação das ciências. O que esta revolução faria retornar à física, daquela terra-de-ningém, seria nada mais do que a consciência. Voltaria também para mostrar que estando matéria e radiação, vida e consciência intimamente emaranhadas, talvez num espaço especial de não-localidade e fora do tempo, aqui conosco e agora, este conjunto seria o responsável por aquelas origens misteriosas que admitimos também entrelaçadas – do universo, da vida e da consciência. E ainda proporcionaria à física a descoberta desta *entidade* que parece ainda lhe escapar, uma espécie de *sintropia*, de qualidade organizadora, atrelada à consciência e ao princípio de unificação.

CONCLUSÃO

Einstein e Bohr protagonizaram polêmicas questões que podem ser sintetizadas em três pontos:

- 1) Há realidade (física) para o objeto quântico?
- 2) É esta realidade local ou não-local?
- 3) É completa ou incompleta a mecânica quântica?

Neste cenário, eles se opunham nas três respostas.

Quatro questões permearam o diálogo das quatro interpretações hegemônicas, durante a exposição dos cinco experimentos quânticos, no capítulo 2:

1) Se havia violação do princípio da complementaridade, que defendia a medição não-ambígua do objeto quântico, quanto à dualidade onda-partícula? Isto é, podia o objeto quântico manifestar-se simultaneamente como onda e como partícula?

- 2) O que é o objeto quântico?
- 3) Como se explica a estranheza daquele padrão de interferência?
- 4) Como a subjetividade interfere no fenômeno quântico?

Schrödinger foi o pioneiro na descrição do objeto quântico, atrelando-lhe a equação de onda psi, " Ψ ". Portanto, respondeu matematicamente o que é o objeto quântico.

Born, ao elevar o módulo de Ψ ao quadrado, deu-lhe um significado pragmaticamente útil e funcional, pela coerência com os dados estatísticos das medições. Mas a identificação deste objeto como ondas de probabilidade, conferiu-lhe uma ontologia, no mínimo, estranha, de difícil aceitação pelos físicos. Havia aí uma relação espúria entre aquela condição formal do sistema quântico com as medições clássicas, feitas, empiricamente, pelos aparelhos. Ambas deterministas, mas tendo como passagem entre as duas um cálculo probabilístico, não-determinista. Era a ligação das instâncias U, R e C, como foi batizado por Penrose.

As duas primeiras questões relacionadas aos experimentos – “a inconsistência da complementaridade para a dualidade onda-partícula” e “o que é o

objeto quântico” – estão no centro do primeiro tema da discussão dos dois físicos. Enquanto Einstein queria uma realidade física para o objeto quântico descrito pela equação de onda ψ , Bohr concebia ali apenas uma realidade virtual descrita pela matemática.

Diferente das interpretações hegemônicas que tentaram abordar o objeto quântico através do seu comportamento corpuscular-ondulatório, atinente à primeira questão sobre a dualidade onda-partícula, eu lhe propus a informação como ontologia, consoante com a minha primeira hipótese – a de que um dos elementos constituintes do universo é a consciência, complementada com a indicação de que esta se apresenta enovelada com a matéria e a radiação. E ainda, que além do objeto quântico ser informação, ele se expressa como onda E partícula.

Este entendimento foi reforçado, usando o argumento de Dirac ao comentar aquela estranheza do padrão de interferência. Ele o atribuía a uma esquisita propriedade do objeto quântico de produzir interferência consigo mesmo. Logo, ele seria onda, ou formado por ondas.

A discussão, se há realidade física para o objeto quântico, podia ser formulada em termos comparáveis às antinomias. Quem estava certo, Einstein OU Bohr? A antinomia kantiana queria saber se matéria era contínua OU discreta? A ciência afirmou que há matéria discreta, os férmions, e há matéria contínua, os bósons. Há o átomo e há o campo. Respondeu com o “e”, no lugar do “ou”.

Ainda a natureza foi pródiga ao acrescentar outro exemplo bem ilustrativo. Trata-se da dualidade onda-partícula. Tanto os bósons como os férmions possuem comportamento duplo, de onda e de partícula. O indecível contemporâneo não se impõe mais por um dilema da razão, inapta para escolher, ele se dá pela afirmação do conhecimento que contempla ambas as possibilidades.

A antinomia kantiana acompanhada com o tempo e o conhecimento científico permitiu-me a elaboração da ambinomia, como um conceito paralelo e derivado. Foi trocado o “ou” pelo “e”.

Com a ambinomia foi possível revisitar aquela tão cara questão da realidade física e ponderar que tanto Einstein quanto Bohr podiam estar corretos. Precisava de um truque. A realidade do objeto quântico, descrita por aquela função de onda, ironicamente denominada de ψ (Ψ) – usava a letra grega da palavra **psique** –,

afinava-se com a concepção já ponderada de uma ontologia informacional para o objeto quântico. Resultado: a realidade daquela instância quântica foi assumida como realidade psíquica ou consciencial.

Esta abordagem matemática do objeto quântico, através da função de onda de Schrödinger, ou das ondas de probabilidade de Born, foram traduzidas, por nós, como ondas informacionais, afinadas com as ocasiões de experiência ou ocasiões atuais, postuladas por Whitehead. Ondas informacionais que interferem entre si na construção daquele padrão estranho de interferência, detectado empiricamente.

Ainda sugerimos, como mais uma hipótese, a onda informacional como carreadoras do elemento proto-consciência universal, embutido na onipresente constante de Planck, h .

Em termos kantianos, o formalismo destas ondas informacionais acessa aquela dimensão numênica, superpondo a incognoscível coisa-em-si ao objeto quântico, cujos movimentos passam a ser sondados pela matemática, tida como um autêntico ente do mundo platônico. Matemática esta que indica, não deterministicamente, como aquela entidade quântica se manifestará na dimensão fenomênica com a aparência dual do objeto clássico.

De acordo com a nossa hipótese principal, o elemento consciência está presente na natureza, no universo, em diferentes níveis de expressão, desde a mínima, própria das partículas fundamentais, passando pela condição mediana, que a consciência humana explicita, até a sua manifestação em condição máxima, fazendo coincidir com o próprio universo, como uma entidade individual e total. Estas três, intermediadas por multifários níveis.

Como conhecer este objeto quântico, esta consciência intrínseca à natureza, já que este foi o propósito desta dissertação – o conhecimento da consciência e o conhecimento da sua evolução?

Se a proposta também foi a de usar o contexto da mecânica quântica para este objetivo, uma resposta já foi oferecida. Isto é, usando os habitantes do mundo platônico, mais especificadamente a matemática, conforme encetaram Schrödinger, Heisenberg e Born. Avançando, inferimos auscultar um esquema arquetípico, como outro ente, outra expressão desta instância platônica. Isto foi realizado como resultado da combinação e superposição de dois esquemas de Penrose.

Acoplamos ao esquema dos três mundos de Penrose – platônico, da matéria e da mente, o seu esquema das três instâncias “físicas”, representadas por U, R, C, sendo que C, se apresenta através da dualidade onda-partícula. O esquema arquetípico MARA, que apresentamos foi abstraído em forma de números: 0, 1, 1a / 1b.

A estes três esquemas também pode-se acoplar as referências de Kant: a dimensão numênica, da coisa-em-si, incognoscível, para o mundo platônico, e a dimensão fenomênica, para a realidade física, clássica, conhecida de forma limitada pelo aparelho psíquico humano, com os seus sintéticos a priori. Kant já nos alertava para que esta peculiaridade da mente humana era também um limite que impedia a assimilação real da dimensão numênica.

O esquema MARA é regido por dois princípios fundamentais: o princípio da unificação e o princípio da dualização. O “1” e o “R” servem como indicação do lócus de funcionamento destes princípios. Vigorando o princípio da unificação permanece-se no “0”, e sob o impulso do princípio da dualização decai-se para a manifestação, “C”, com “p” (de partícula) ou “o” (de onda), ou com a dupla de representação numérica, “1a / 1b”. O que determina a predominância de um ou outro princípio? O grande marco diferencial da nossa hipótese está aqui: **a escolha!** E ela vige em decorrência de um tipo de grandeza psíquica, consciencial, como fator psíquico irreduzível. Sim, trouxemos que além, ou ao lado, das grandezas físicas há as grandezas psíquicas. Quando se alcança a irreduzibilidade, como atestam estes preciosos princípios saltados da quântica – da complementaridade, da incerteza e da dualidade onda-partícula –, aplicados ao objeto físico, torna-se necessário chamar sua dimensão complementar, a psíquica, onde há escolha, onde há aleatoriedade genuína, isto é, com gerência intrínseca.

Para conhecer como este fator-escolha se manifesta na natureza, é preciso conhecer o outro mundo, o da mente, que é a questão fundamental da pesquisa: o que é a consciência? Este conhecimento foi produzido pela aplicação do esquema MARA.

O esquema MARA é um espécie de continente virtual, que vem a ser ocupado pelos conteúdos dos dois esquemas de Penrose. Repetido no mundo da matéria dualiza-se em férmions e bósons, ambos banhados pela dualidade onda-

partícula. Repetido no mundo da mente dualiza-se em potência em logos. Repetido nestas duas grandezas psíquicas, faz aparecer as psíquicas querer, dever, pensamento e emoção. Para frisar aquela que mais importa aqui – a vontade, como escolha –, é importante pensar nestas, enquanto manifestando naquele mundo quântico da dimensão de Planck, como uma proto-escolha.

Esta mente, que na manifestação, cresce em decorrência de uma complexificação simultânea e interativa com a matéria, avança para a dimensão humana, que passa a ser o instrumento que temos para conhecer tanto o mundo da matéria como o próprio mundo da mente. Um instrumento potente mas também limitado pelos sintéticos a priori.

Neste particular, destaca-se a função cognitiva do ser humano, que regida pelo princípio da dualização, presente em si, apreenderá parcialmente ambos mundos, o da matéria e o da mente, dentro deste limite. Ambos são contidos e estagnados pela irreduzibilidade do princípio dual, que é outra forma de se referir àquela especificidade de funcionamento da mente kantiana. Os princípios da complementaridade e da incerteza, assim como a dualidade onda-partícula atestam este limite. Não conseguimos com esta mente dual avançar para além deles, já que apontam para a numênica coisa-em-si, no máximo, antevista, pela matemática.

Para ir além, para conhecer o objeto quântico na sua essência, é preciso também conhecer a mente una. Transformar a consciência ordinária, pelo treinamento, segundo o princípio da unificação, afinado com a autoconsciência, que é autoconhecimento. No mundo da matéria, tal unificação está implicitamente sugerida no superlativo e revolucionário potencial da mecânica quântica.

Foi, pois, objetivo da dissertação conhecer a consciência, respondendo aquelas quatro perguntas:

- 1) O que é consciência?
- 2) Qual é a origem da consciência?
- 3) Há o eu?
- 4) Há o livre arbítrio?

Analisando o tema principal e os seus correlatos, considero, por suposto, já conceituado o que é consciência. Repetindo, sua definição não se restringe àquela

que tem como foco a expressão humana. O ser humano é uma individualidade psicobiofísica que propicia uma gradação específica da sua manifestação cósmica. Outros níveis, para baixo e para cima, aguardam exploração e conhecimento pertinentes. No nível mais elementar, sobreposta à instigante entidade quântica, prossegue exibindo a faculdade da proto-escolha, inculcada nas interações físicas mais simples da natureza. Portanto, deve constar como parte conceituada neste formalismo. No nível máximo (?) da sua expressão continua o seu mistério atrelado à condição do universo, tido como individualidade autônoma e orgânica, cujos níveis inferiores, inclusive nós, somos partes constituintes.

Quanto à sua origem, creio que também já foi respondida: ela é a origem. Ou seja, as origens do universo e da vida ficam na dependência da consciência, que por sua vez é um todo cujos diversos níveis entrelaçam-se, através da não-localidade. Como tal, sua separação em relação à consciência mantém uma ambiguidade de difícil solução, cabendo ser ilustrada através da metáfora do gelo que boia na água. Este pode ser considerado como parte destacada do volume líquido e ou, mesmo assim, o próprio todo água.

Sobre a ontologia do eu é necessário recorrer à ambinomia, de novo. O eu já foi afirmado como associado a toda uma subjetividade impregnada à consciência ordinária. Entender a sua estruturação esteve fora deste escopo, pois demandaria estudo aprofundado e extenso das relações familiares, na tenra infância, o que é por demais complexo. Isto serve para afirmar a existência do eu. Sua negação virá no quinto parágrafo abaixo, após ser mostrado o seu papel de protagonista na configuração da revolução quântica que, por pressuposto, haverá de contribuir para a unificação das ciências e para a integração da humanidade.

Abordando os outros dois pontos da discussão entre Bohr e Einstein, fica evidente que se há não-localidade ela é própria da realidade psíquica e numênica, pois que na realidade física dos fenômenos o que prevalece é a localidade, tão bem afirmada pela teoria da relatividade.

Com todo este conjunto exposto, entendemos que a mecânica quântica completa seria aquela que realizasse a contento o seu potencial revolucionário, que implica em unificação com as outras ciências.

É possível auscultar este incipiente movimento de unificação, por exemplo, nas contribuições de informações que a física quântica transferiu para a química. A química fertilizou-se com o conhecimento do seu objeto de investigação, assim como, de retorno, a própria física – a rigor, possuindo ambas um mesmo e único objeto de estudo. Movimento similar aconteceu com a biologia. Desta forma, a física se torna um pouco a biologia, um espécime misto, a bio-física. Quando avança para incluir a consciência no seu próprio âmbito, como pioneiramente fez Penrose, a física fertiliza a psicologia, a neurociência e afins. Esta ponte possui trânsito de retorno, de forma que a física se torna também psi. Inaugura-se uma psico-física. Esta seria a rota de uma primeira unificação.

O ser humano, com esta consciência privilegiada, encontra-se na fronteira entre as ciências da natureza e as ciências sociais. Como seria a integração destes dois tipos de ciências? Consoante à consumação de uma autêntica revolução, esta seria a segunda unificação, resultando numa efetiva transdisciplinaridade, que implicaria num espírito novo gerindo as instituições humanas. Configura-se, no todo, a armação de uma civilização integrada, regulada pelo movimento de unificação dos três mundos – da matéria, da mente e da cultura.

Nestas esferas concêntricas e crescentes de organizações de natureza tríplex, onde unidades menores tornam-se partes de unidades maiores, tem-se a passagem *sui-generis* do ser humano, como indivíduo único e isolado, dissolvendo-se como pessoa, para se integrar numa identidade grupal e comunitária. Apaga-se o eu, em graus distintos, para a criação de novas e mais amplas identidades, tendo a humanidade como extremo superior. Mas a radical ausência de eu encontra-se naquele especial estado de autoconsciência da mente una.

Quanto à prevalência do livre arbítrio, há que se pensar também dialeticamente, na sua correlação com o determinismo, mas agora no âmbito da vontade humana. Pela extensa diversidade das relações interpessoais, é possível destacar a íntima conexão entre o indivíduo e os seus pares, como também com os grupos na vida cotidiana. Se em algumas situações é muito evidente a afirmação do querer pessoal, noutras, pela fronteira borrada e inconsciente destas relações, fica difícil discriminar o quanto somos ativos ou o quanto somos levados a pensar, sentir e agir, influenciados pela dinâmica sutil de forças de apelo afetivo e social.

A constituição desta unidade maior, uma humanidade diferenciada, produto deste processo pode parecer uma romântica e ingênua utopia. Acredito ter mostrado os subsídios no mundo da matéria, da mente e da cultura para conjecturá-la. Se a Grécia clássica fomentou a potencialidade desta cultura, plantando as sementes da verdade, da harmonia e da ética, o recente Iluminismo adubou seu solo com os férteis ideais de liberdade, igualdade e fraternidade, como princípios universais. Emergindo deste estudo, acrescentaríamos o autoconhecimento com autoconsciência e unificação para a experiência da mente una. Escolha que se faz acompanhada desta consciência e desdobrada em ação afim poderão, enfim, construir uma cultura de paz.

Se o homem desta cultura de paz retorna àquela vasta madrugada e vasculha o céu, levando consigo uma comunidade integrada, talvez não seja mais apenas aquela pessoa ignorante e desprotegida do início da nossa civilização, mas uma onda mental de coerência planetária, radar e farol, em comunhão com o universo.

REFERÊNCIAS

AIRES, A. org. *Dicionário Escolar de Filosofia*. Lisboa: Plátano, 2003. Versão online: <http://www.defnarede.com/a.html>. Acessado em 10.12.2013.

ASPECT, A. *Physical Review Letters* 47, p. 460, 1981. In: MALIN, S. *A Natureza Ama Esconder-se: a Física Quântica e a Natureza da Realidade, uma Perspectiva Ocidental*. São Paulo: Horus Editora, 2003

BALLENTINE, L.E. The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics, *Reviews of Modern Physics*, 1970. In: PESSOA, O. *Conceitos de Física Quântica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003, p. 25.

BUCKINGHAM, W, et al. *O livro da filosofia*. São Paulo: Editora Globo, 2011.

CHALMERS, D. Facing Up to the Problem of Consciousness. *Journal of Consciousness Studies*. Vol. 2, n. 3, pp 200-219, 1995.

CHALMERS, D. The conscious mind in search of a fundamental theory. Oxford university press, New York, 1996.

DAMASIO, A. *E o cérebro criou o homem*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

CREASE, R. *As grandes equações: a história das formulas matemáticas mais importantes e os cientistas que as criaram*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

DENNET, D. C. *Consciousness explained*. Little Brown, Boston. MA, 1991. In PENROSE, 2011, Consciousness in the universe: neuroscience, quantum space-time geometry and orch OR theory, *Journal of Cosmology*, 2011, vol. 14.

DELEUZE, G. e GUATTARI, F. *O que é filosofia?* – Rio de Janeiro: Ed. 34, 1992.

DESCARTES, R. Discurso sobre o método, em *Descartes – vida e obra*. 2000. São Paulo: Ed. Nova Cultural Ltda.

DESCARTES, R. Meditações, em *Descartes – vida e obra*. 2000. São Paulo: Ed. Nova Cultural Ltda.

EISBERG, R. e RESNICK, R. *Física Quântica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979

HEISENBERG, W. “Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik”. In Pessoa, 2003.

HERBERT, N. *A Realidade Quântica: nos confins da nova física*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

HONNER, J. *The description of nature: Niels Bohr and the philosophy of quantum physics*. Oxford: Clarendon Press, 1987.

JAMMER, M. *The Philosophy of Quantum Mechanics*. Nova Iorque: Wiley, 1974. In PESSOA, O. *Conceitos de Física Quântica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.

SILVEIRA, F. L. *A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Irme Lakatos*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 13(3), Florianópolis: 1996.

MALIN, S. *A Natureza Ama Esconder-se: a Física Quântica e a Natureza da Realidade, uma Perspectiva Ocidental*, São Paulo: Horus Editora, 2003.

NÓBREGA, F. *Compreender Hegel*. Petrópolis: Vozes, 2009.

PESSOA, O. *Conceitos de Física Quântica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.

PENROSE, R. *A mente nova do rei*. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

PENROSE, R. *Shadows of the mind: a search for the missing science of consciousness*. New York: Oxford University Press, 1994

PENROSE, R. *O grande, o pequeno e a mente humana*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.

PENROSE, R., HAMEROFF, S. *Consciousness in the Universe: Neuroscience, Quantum Space-Time Geometry and Orch OR Theory*. Journal of Cosmology, 2011, Vol 14.

POPER, K., ECCLES, J. *O eu e o cérebro*. Campinas, SP: Papyrus, 1997

ROSA, L. *Tecnociências e Humanidades: Novos Paradigmas, Velhas Questões*, v.1 São Paulo: Paz e Terra, 2005.

ROSA, L. *Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões*. v.2 São Paulo: Paz e Terra, 2006.

SAMPAIO, L. *A Lógica da Diferença*. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2001.

SWAIN, H. *Grandes questões na ciência*. Rio de Janeiro: Editora José Olympio, 2010.

SUTHERLAND, K. *O que é a consciencial?* In: SWAIN, H. *Grandes questões na ciência*. Rio de Janeiro: Editora José Olympio, 2010.

WHEELER, J. *The "Past" and the "Delayed-Choice" Double-Slit Experiment*. In PESSOA, O. *Conceitos de Física Quântica*. São Paulo, 2003.

WHITEHEAD, A. *Adventures of Ideas*. New York: Macmillan Company, 1933. In PENROSE, R. *O grande, o pequeno e a mente humana*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.

WHITEHEAD, A. *Proceso y Realidad*. Buenos Aires: I. Lopes, 1956

WHITAKER, A. *Einstein, Bohr and Quantum Dilemma: From Quantum Theory to Quantum Information*. Cambridge: University Press, 1956.