



Física para a mente*

Physics for (the study of) the mind

Lev Vertchenko^{1 2}

Resumo

Propõe-se que uma discussão atualizada da relação entre o cérebro e a mente necessita incorporar uma quantidade substancial de elementos da Física. Dentro desta perspectiva, é apresentada uma seleção comentada de tópicos que constitui a disciplina “Física para a mente” do curso de licenciatura em Física da PUC Minas. Neles são discutidos os 4 pontos de vista de Johnson-Laird para a mente, o suporte energético da informação, a sinalização neuronal, as técnicas de imageamento e a fisiologia cerebral, a forma como o cérebro lida com o tempo, a relação entre a Mecânica Quântica e mente e a questão do cérebro ser ou não um computador. Pode-se constatar que esta seleção releva o possível papel da Física Quântica para o entendimento dos fenômenos mentais.

Palavras-chave: Física. Mecânica quântica. Mente. Cérebro. Computador.

*Comunicação convidada - novembro de 2012.

¹Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, Brasil – vertlev@yahoo.com.

²Departamento de Física e Química, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, Brasil

Abstract

It is proposed that an updated discussion of the relation between the mind and the brain needs to incorporate a substantial amount of elements of Physics. Inside this perspective, it is presented a commented selection of topics that constitute the subject “Physics for the mind” applied in the Physic’s graduate course of PUC Minas. On these topics it is discussed the four point of views of Johnson-Laird of the mind, the energetic support of information, the neural signaling, the techniques of imaging and cerebral physiology, the form the brain deals with time, the relation between Quantum Mechanics and the mind and, finally, the question about the brain being or not a computer. It can be seen that this selection reveals the possible role of Quantum Physics to understand of mental phenomena.

Keywords: Physics. Quantum mechanics. Mind. Brain. Computer.

1 INTRODUÇÃO

Cientistas costumam usar elementos de sua especialidade na composição de quadros que, por sua abrangência e relação com questões existenciais, possuem grande intersecção com a Filosofia. Um destes quadros pretende descrever o Universo à nossa volta que, na perspectiva da grande escala, constitui a Cosmologia, subsidiada por elementos da Física e da Astrofísica. É natural que um outro tal quadro se volte ao nosso mundo interior, centrado em nossa mente. Procuramos mostrar neste trabalho como a Física fornece elementos para a composição deste quadro.

Por que “Física para a mente” e não simplesmente “Física da mente”? O segundo caso passa a ideia que a Física já tem uma teoria para explicar de forma completa os fenômenos mentais, o que uma análise sóbria e desapaixionada mostra ainda não acontecer. Muitas são as questões que permanecem abertas.

O sentimento de dificuldade em reduzir a mente aos processos físicos subjacentes não é compartilhado por grande parte dos neurocientistas, que se entusiasmam com o inegável avanço proporcionado pelas técnicas de imageamento cerebral.

No final do século passado presenciamos um grande entusiasmo com o patamar alcançado pelas teorias científicas, descrevendo desde o mundo das partículas subatômicas ao universo em sua grande escala, acompanhado por um rápido desenvolvimento da informática. Isso fez um conhecido jornalista de divulgação científica, John Horgan, baseando-se em um levantamento de opiniões de cientistas que compunham o topo da comunidade científica, propor a ideia de que a Ciência estaria chegando ao seu fim, estando resolvidas as grandes questões científicas (HORGAN, 1998). Um capítulo do seu livro foi dedicado ao “fim da neurociência”. No entanto, as frustrações nas tentativas da inteligência artificial em elucidar notadamente o problema da consciência, juntamente com a incompreensão dos mecanismos das terapias de distúrbios psíquicos, fizeram o mesmo John Horgan escrever, na virada do século, o livro intitulado “A mente desconhecida”, com o subtítulo “Por que a ciência não consegue replicar, medicar e explicar o cérebro humano” (HORGAN, 2000).

Paralelamente vemos a ciência que trata do universo em grande escala, a Cosmologia, ter o seu modelo alterando-se bruscamente, de um quadro em que o Universo, dominado por uma desconhecida “matéria escura”, estaria em expansão desacelerada pela gravitação para um quadro oposto, de universo em expansão acelerada, causada por uma “energia escura”, de natureza também desconhecida. Assim, o órgão mais sofisticado que (des)conhecemos, o cérebro humano e a psique que carrega, evoluiu e está contextualizado dentro de um universo também em sua maior parte desconhecido.

Sem a pretensão de nos apropriarmos dos conteúdos das diferentes especialidades que abordam a mente para diferentes finalidades, como a Filosofia, a Psicologia, as áreas médicas da Psiquiatria e da Neurologia, a Neurociência e, dentro da Informática, a área da Inteligência

Artificial, mas apoiando-se nelas, de forma multidisciplinar, propomos aqui uma seleção de tópicos da problemática cérebro/mente que faz uso intenso de elementos da Física. É impossível acompanhar a totalidade da literatura destas áreas. Assim, obviamente, vamos propor uma seleção muito pessoal de conteúdos, que constituiu a disciplina optativa “Física para a mente”, lecionada pelo autor deste trabalho no 1º semestre de 2010 e no 2º semestre de 2012 para alunos do curso de licenciatura em Física da PUC Minas. Ao invés de nos posicionarmos em defesa de alguma particular corrente de ideias, procuramos apontar para os elementos da Física necessários ao acompanhamento da discussão.

2 SELEÇÃO COMENTADA DE TÓPICOS

1. Os 4 pontos de vista de Johnson-Laird para a mente. O professor de Psicologia Philip Johnson-Laird apresenta uma classificação das abordagens para a mente que é adotada por importantes autores que tratam desta temática, como o filósofo John Searle (SEARLE, 1998) ou o matemático Roger Penrose (PENROSE, 1998). É um bom exercício procurar classificar as diferentes abordagens para a mente perante a classificação sugerida por Johnson-Laird, que consiste em:

- (a) A consciência e outros fenômenos mentais consistem totalmente em processos computacionais. Este é o pensamento da corrente da chamada “inteligência artificial forte”, que mantém o otimismo em reproduzir integralmente os fenômenos mentais em um computador.
- (b) Os processos cerebrais causam a consciência e estes processos podem ser simulados por computador, mas a simulação computacional não garante, por si só, a consciência. Esta é a linha intitulada de “inteligência artificial fraca”. Para ela, existe algo de especial com o tecido biológico cerebral, que não pode ser reproduzido em computador. De certa forma, ao atribuir propriedades especiais a um tecido biológico, isso evoca o vitalismo.
- (c) Os processos cerebrais causam a consciência, mas eles não podem sequer ser adequadamente simulados em um computador. Este é o ponto de vista adotado por Roger Penrose ao defender a ideia que a mente faz uso de processos que não podem ser colocados na forma de algoritmos, como no entendimento da demonstração de teoremas matemáticos (PENROSE, 1998, 1991).
- (d) A consciência não pode ser cientificamente explicada, nem mesmo utilizando processos computacionais. Ou seja, não existe um reducionismo científico para a mente. A dualidade mente-corpo proposta por Descartes encaixa-se nesta categoria, assim como as concepções religiosas e espiritualistas. O grande problema é explicar como algo não-físico, a mente, manifesta-se no mundo físico.

2. O suporte energético da informação

Como o cérebro é um processador e elaborador de informações, é natural que o estudo da mente comece questionando acerca da natureza física da informação. Pode existir uma informação “pura”, desprovida de conteúdo energético? A existência de tal “informação pura” relaciona-se à abordagem dualista do problema mente-corpo de Descartes e, por sua vez, levanta as seguintes questões: Podemos encontrar na natureza um exemplo de uma informação não-física? Quais são as restrições da Física para uma informação não-material? A interpretação da “onda piloto” para a função de onda da Mecânica Quântica, proposta inicialmente por Louis De Broglie e elaborada posteriormente e independentemente por David Bohm (JAMMER, 1966), possuindo baixíssimo conteúdo energético, parece atender às características de uma informação imaterial e, por isso mesmo, recebe o nome de interpretação dualista-realista (PESSOA-JR., 2003) (realista por admitir a partícula existindo, com propriedades definidas, anteriormente à observação, conduzida pela informação dos potenciais quânticos, com características não-locais).

Mas as condições para manifestação no mundo físico de uma informação imaterial esbarram nas mesmas dificuldades que o “demônio de Maxwell” encontra para abaixar a entropia da mistura de partículas em uma caixa. Ainda que a 1ª lei da termodinâmica não seja violada, admitindo-se que a informação somente organizará o sistema, sem alterar a sua energia, a 2ª lei da termodinâmica dificulta tal processo (PRESKILL, 1998). Admitindo-se que a informação contenha um conteúdo energético escondido atrás da incerteza da energia na relação de incerteza de energia-tempo da Mecânica Quântica, poderia ela disparar algum processo significativo no cérebro? Analisando desde a abertura de canais iônicos na transmissão sináptica até a modulação neuronal através de neurotransmissores, Michael Lipkind (2005) mostra que a energia necessária para desencadear um processo cerebral é ordens de magnitude superior à que poderia ser encoberta pela relação quântica de incerteza, e conclui que uma mente não física somente poderia influenciar o cérebro por violação das leis fundamentais da Física.

A transmissão da informação sem suporte físico conhecido é pesquisada nos experimentos que procuram detectar a percepção extrasensorial (PES). Modernamente, estes experimentos seguem o protocolo do “experimento Ganzfeld”, em que testa-se a possibilidade de informações aleatoriamente selecionadas em computador poderem ser detectadas por pessoas em condições de privação sensorial (PÉREZ-NAVARRO; GUERRA, 2012). A estatística destes experimentos parece revelar uma pequena margem de acerto na detecção acima do que se esperaria pelo acaso (30% vs. 25%) e existe grande controvérsia sobre estes resultados.

No entanto, um estudo recente, fazendo uma meta-análise dos resultados dos experimentos Ganzfeld, corrobora a taxa média de acerto de 30%, com significância estatística excluindo da margem de erro o acaso (com taxa de acerto de 25%) (WILLIAMS, 2011). Cita-se frequentemente a não-localidade exibida pelo emaranhamento quântico como um mecanismo que poderia permitir essa estranha transmissão de informação. Porém, os teoremas de “não-sinalização” (GHIRARDI; ROMANO, 2012) da Mecânica Quântica impedem este mecanismo, ainda que sugerindo a propagação de uma estranha influência entre as partículas

emaranhadas, de ser usado para a transmissão da informação.

3. A sinalização neuronal

O paradigma atual considera o neurônio como elemento básico do processamento de informação no tecido cerebral. Os mecanismos físicos que permitem a sinalização entre os neurônios são de essência eletroquímica, combinando a difusão de íons pela membrana celular, canais iônicos seletivos e correntes iônicas, resultando na propagação do potencial de ação pelo axônio e no contato entre neurônios pelas sinapses, que em sua grande maioria são químicas, usando neurotransmissores. A neurociência computacional procura replicar os padrões dessa sinalização, modelando os neurônios como circuitos.

No entanto, algumas interessantes perguntas surgem. Hameroff (PENROSE, 1998; HAMEROFF, 2007) advoga que o micro-organismo unicelular *Paramecium* já exibe um comportamento inteligente e, portanto, a célula neuronal não pode ser considerada elemento básico do processamento de informação. Ele propõe que as tubulinas, proteínas presentes no citoesqueleto, é que desempenham tal papel em um processo de computação quântica. Isso remete à questão de desempenhar ou não a Mecânica Quântica um papel importante na intermediação da sinalização.

Não é possível negarmos a sinalização neuronal acima descrita, mas será que é o único mecanismo de comunicação celular importante para a atividade mental? O atual estudo dos biofótons, mostrando que micro-organismos e células usam a luz para comunicação e otimização energética (POPP, 2005) sugere que permaneçam abertas outras possibilidades.

4. As técnicas de imageamento e a fisiologia cerebral.

É interessante observarmos como fenômenos descritos pela Física Moderna são usados nas mais sofisticadas técnicas de imageamento cerebral, como a imagem por ressonância nuclear magnética e a tomografia por emissão de pósitrons (PET).

Na primeira, núcleos atômicos são submetidos a um intenso campo magnético e induzidos por ondas de rádio a sofrerem transições energéticas, absorvendo-as em uma taxa que tem relação com a densidade de núcleos nos tecidos examinados. Além da morfologia, essa técnica permite visualizar o fluxo sanguíneo para as regiões cerebrais ativadas na execução de determinadas tarefas, possibilitando inferir a função (fisiologia) destas regiões. No imageamento por PET determinados isótopos radioativos são injetados na corrente sanguínea e emitem partículas de antimatéria (pósitrons) que, encontrando matéria em sua vizinhança, são aniquiladas, emitindo radiação gama. A detecção da radiação gama permite inferir em que regiões o isótopo emissor de pósitrons é consumido durante o metabolismo que acompanha a execução de funções por regiões cerebrais.

É compreensível o entusiasmo dos neurocientistas com os resultados obtidos com estas técnicas. A questão que surge é será que a mente pode ser completamente reduzida ao conjunto de funções cerebrais mapeadas pela ativação metabólica?

5. Como o cérebro lida com o tempo?

A natureza do tempo permanece um grande mistério para a Física. Continua vivo o paradoxo de Loschmidt, mostrando ser impossível obter uma irreversibilidade temporal a partir de sistemas governados por uma dinâmica temporalmente reversível (LOSCHMIDT'S... , 2012). Excetuando-se a quebra da simetria temporal em casos muito particulares da Física de Partículas, a descrição da dinâmica de todos os processos físicos elementares é temporalmente reversível. Pensava-se que o processo de medição na Física Quântica, colapsando a superposição quântica de estados, a tornaria temporalmente irreversível. No entanto, a formulação de Aharonov, Bergmann e Lebowitz, selecionando estados tanto anteriormente quanto posteriormente ao processo de medição, torna o formalismo da Mecânica Quântica temporalmente simétrico (AHARONOV; BERGMANN; LEBOWITZ, 1964; REZNIK; AHARONOV, 1995; AHARONOV; ROHRLICH, 2005). Assim, fica difícil procurar na perspectiva microscópica a causa da “seta do tempo”, que aponta do passado para o futuro. Aceita-se que a entropia dos sistemas macroscópicos está associada à direção temporal, mas mostra-se que a entropia acompanha a seta do tempo, e não a define (AHARONOV; ROHRLICH, 2005, p. 137). O cérebro ainda acrescenta enigmas ao se analisar a forma com que ele lida com sequências temporais de eventos.

Um grande desafio para os neurocientistas está em explicar o chamado “problema da integração”, em que mecanismos sensoriais distintos (por exemplo, o tato e a visão) enviam sinais provenientes de um mesmo objeto que levam tempos diferentes para chegarem e serem processados no cérebro, em regiões diferentes, e, surpreendentemente, se unem na percepção do objeto. Intrigante também é a tendência antecipatória do cérebro, que é inferida através de: 1- experimentos que mostram variação na condutância elétrica da pele anteriormente à apresentação de estímulos com forte conteúdo emocional (SPOTTISWOODE; MAY, 2003); 2- medição de tempo de reconhecimento semântico das palavras (PETTEN et al., 1999); 3- experimento de estimulação cutânea do braço que causa a sensação de um coelho saltitante (GELDARD; SHERRICK, 1972); 4- experimento de percepção de alternância de cores onde surge o fenômeno da “cor fi” (KOLERS; GRUNAU, 1976).

Mas os mais impressionantes são os experimentos de eletroencefalografia conduzidos por Benjamin Libet a partir da década de 60, mostrando que qualquer atividade de execução consciente demanda cerca de 0,5 s de uma atividade elétrica no córtex (LIBET, 2004). Este tempo de 0,5 s de processamento cerebral é um tempo muito grande quando comparado ao tempo exigido por ações de resposta rápida, como na fala ou nos esportes, em que a escolha rápida de ações aparenta ser consciente e volitiva.

Isso tem sido usado pelos neurocientistas como argumento contra o livre-arbítrio, considerando-o uma ilusão.

A proposta de Libet para permitir o livre-arbítrio é a possibilidade de todas as ações a serem executadas já ficarem “engatilhadas” e a escolha de determinada ação ocorreria por um mecanismo seletivo de censura das outras ações, que exigiria um tempo de processamento

cerebral significativamente inferior a 0,5 s.

Proposta interessante é a de Hameroff (HAMEROFF, 2007) que, inspirado na formulação temporalmente simétrica da Mecânica Quântica acima mencionada, considera seriamente a possibilidade da informação viajar para trás no tempo. Segundo ele, para preservar o livre-arbítrio, o cérebro faz a escolha consciente no tempo demandado de 0,5 s e envia o resultado, inconscientemente, para trás no tempo, de forma a atender os limites temporais da resposta rápida exigida.

6. Mecânica Quântica e mente

A Mecânica Quântica (MQ) constitui um formalismo infalível para lidar com o universo da Física Quântica, fazendo previsões estatísticas que sempre se mostram corretas. Todavia, as interpretações para o significado das grandezas e processos envolvidos são diversas, apoiando-se em distintas posturas filosóficas (por exemplo, (PESSOA-JR., 2003)). Como existe uma grande importância da observação ou processo de medição na MQ, que faz colapsar a superposição quântica de estados, algumas interpretações atribuem um papel especial à mente do observador.

Um exemplo muito interessante da relevância da observação está também no “efeito Zenão quântico”, em que uma sucessão de observações inibe a transição entre os estados quânticos do sistema observado Aharonov e Rohrlich (2005, cap. 12). Porém, os físicos procuram minimizar a subjetividade que isso inspira, em busca da objetividade na Física. Assim, a questão é se não basta preparar o experimento quântico de forma que ele permita a observação, independentemente da mente do observador. Segundo Bohr, os experimentos quânticos têm que ser vistos em sua totalidade, e um experimento que permite a observação de determinada propriedade é completamente diferente de um que não o permite.

Os defensores da subjetividade sempre podem replicar que a observação só termina com a presença de um observador consciente.

Mas qual é o nível mínimo de consciência necessário, então? Focando-se agora no cérebro, existe um grande debate a respeito da MQ ser ou não necessária à explicação da psique, além do seu nível “trivial”. O nível trivial de aplicação da MQ é a explicação da distribuição eletrônica nos átomos e moléculas, das ligações moleculares, etc. Os aspectos de não-localidade da MQ são frequentemente evocados para, por analogia, se tentar fundamentar características holísticas presentes na Psicologia Analítica de Jung (STEIN, 2006). Jung manteve um intenso diálogo com Pauli a respeito da potencialidade da Mecânica Quântica em ser a contra-partida da Física para a sua teoria psicológica (XAVIER, 2003).

Notadamente pode-se estabelecer uma analogia entre as “sincronicidades” propostas por Jung, que são eventos sem conexão causal, mas ligados por um significado, e a forma com que um padrão se estabelece na observação de experimentos quânticos. Nos experimentos quânticos, como o da interferência usando-se feixes de partículas de baixa intensidade, que são emitidas uma a uma, observa-se a combinação do acaso (aleatoriedade), na perspectiva individual, com a formação do padrão previsto pela MQ, na perspectiva coletiva. O aparente

indeterminismo presente na MQ também é usado em defesa da possibilidade de existência do livre-arbítrio.

Um modelo de “redução orquestrada” dos estados de superposição quântica no cérebro, acompanhado de captura de elementos do mundo platônico das ideias, é ainda proposto por Penrose e Hameroff para a explicação da execução de tarefas não-computáveis (que não podem ser colocadas na forma de algoritmos) pelo cérebro, como o entendimento da demonstração de teoremas matemáticos (PENROSE, 1998, 1991; HAMEROFF, 2007).

Temos ainda Henry Stapp propondo que o efeito Zenão quântico, inibindo a dispersão de estados, seja o mecanismo que ocorre no cérebro, responsável pela atenção (STAPP, 2007). Assim, o mecanismo da atenção, que é ativo durante a fase consciente do cérebro, seria justificado por uma seqüência praticamente ininterrupta de medições bem definidas dos estados mentais e realizadas, cada uma, em um intervalo de tempo muito curto (tecnicamente chamadas de “medições impulsivas”).

Dando prosseguimento a essa linha de raciocínio, especulamos que a parte inconsciente da mente relaxaria as medições dos estados mentais, transformando-as em “medições fracas”. As “medições fracas” são baseadas na escolha tanto de um estado anterior à medição (estado pré-selecionado), quanto posterior à medição (estado pós-selecionado), e a medição é realizada por um aparelho quântico, como proposto por Von Neumann (1955), porém com uma incerteza grande para os resultados por ele apontados (AHARONOV; ROHRLICH, 2005, cap. 16). Estas “medições fracas” são implementadas em laboratório, fornecendo, dependendo do par de estados pré e pós selecionados, resultados que aparentam ser ilógicos, como energia cinética negativa ou medições coletivas de estados de spin com resultado superior ao permitido pela soma dos spins individuais. O interessante é que, apesar da grande incerteza do “ponteiro” do aparelho medidor, estes resultados são obtidos sistematicamente e em acordo com as previsões teóricas. Aharonov e Rohrlich (2005, cap. 16) consideram que as medições fracas enriquecem o universo das medições previstas pela Mecânica Quântica.

Recorrendo à analogia, podemos pensar que o inconsciente relaxa, em direção às medições fracas, as medições de estados cerebrais executadas na fase consciente. Este relaxamento pode ser interpretado pelo aumento das incertezas dos significados atribuídos às medições, gerando uma profusão de possíveis significados que somente podem ser unificados sob a forma de símbolos. Isso poderia justificar o povoamento de símbolos que habitam o inconsciente mapeado por Jung e que transparecem nos sonhos.

Os detratores da importância da MQ argumentam que é impossível manter estados de superposição quântica no cérebro em tempos que lhes permitam exercer alguma influência, devido ao mecanismo de “decoerência” induzida pela interação dos neurônios com um ambiente à temperatura de cerca de 300 K (seria necessário colocar os neurônios em um estado de isolamento que é muito difícil ser alcançado para sistemas macroscópicos) (TEGMARK, 2000).

Já os defensores do “cérebro quântico” apelam para a ideia lançada por Fröhlich, em que

tecidos vivos, por estarem sendo continuamente alimentados por energia, poderiam apresentar comportamentos coletivos semelhantes a condensados quânticos (condensados de Bose), mesmo à temperatura ambiente de 300 K (FROHLICH, 1968).

A polêmica pode ser acompanhada em (CONSCIOUSNESS... , 2012; QUANTUM... , 2012). Estudos recentes mostram que a fraca luz, dentro do espectro visível, emitida por diversos organismos, constituída de biofótons, apresenta características que somente podem ser justificadas por uma coerência quântica dos elementos emissores (POPP, 2005).

Outro exemplo de comportamento quântico em organismos vivos está na fotossíntese, que parece se beneficiar de uma espécie de computação quântica na transmissão da energia (SAROVAR et al., 2010; SAROVAR, 2010). Estes resultados são muito sugestivos no sentido de atribuir à MQ um papel além do trivial para a psique.

7. O cérebro é um computador?

Com o intenso desenvolvimento da informática que presenciamos é comum adotarmos a “metáfora do computador” para abordarmos o problema da relação entre o cérebro e a mente da mesma forma que se estabelece a relação entre hardware e software. Para esta metáfora contribuem os testes de tempo de reconhecimento de informação da neurociência, mostrando que o cérebro processa a informação em formas típicas de processamento em computadores, às vezes de forma sequencial, outras vezes de forma paralela (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, cap. 4). Da mesma forma que o computador sugere metáforas para o cérebro, o oposto também ocorre: a comunicação neuronal inspirou algoritmos conhecidos como “redes neurais”, que exibem um comportamento semelhante a um processo de aprendizagem.

Os cientistas adeptos da já mencionada corrente da inteligência artificial forte acham que a complexidade do processamento computacional pode mesmo fazer emergir no computador uma consciência semelhante à que possuímos, com características receptivas e volitivas. A emergência de uma propriedade é uma característica de sistemas complexos, mas pode, em princípio, ser prevista pela análise de suas partes.

Por exemplo, esta ideia de emergência frequentemente é ilustrada usando-se a propriedade da solidez de um corpo, que não faz sentido ser atribuída a um único átomo ou molécula do mesmo.

No entanto, a MQ permite conhecer a distribuição da carga elétrica nos átomos e moléculas e aí podemos inferir como estes elementos se comportarão coletivamente, exibindo, eventualmente, a solidez.

Uma cadeia de raciocínio semelhante dificilmente poderia justificar o aparecimento de uma psique como a nossa em computadores, pois é difícil inferir o psiquismo, com propriedades receptivas e volitivas, em seus elementos constituintes (transistores, etc.).

Essa dificuldade de fazer emergir uma propriedade de elementos que não a possuem fez filósofos do naipe de Alfred Whitehead defenderem modernamente a ideia do panpsiquismo,

em que o psiquismo aparece como uma propriedade irreduzível, presente na forma elementar na natureza, que aumenta em complexidade à medida que os elementos se combinam.

Para Whitehead o psiquismo elementar estaria presente no processo de colapso da superposição quântica de estados, que ele denominou de “ocasiões de experimentação” da partícula. Lembremos que Heráclito privilegiava uma ontologia de processos. A corrente da inteligência artificial forte ainda encontra vários outros empecilhos.

Com a elaboração do experimento da “caixa chinesa”, o filósofo Searle mostra que é possível processar informação sem o conhecimento de sua semântica, apenas obedecendo a regras de sintaxe, e computadores lidam apenas com regras sintáticas (SEARLE, 1998).

A limitação mais contundente para as pretensões da inteligência artificial em replicar a mente humana nos computadores vem dos livros do matemático Roger Penrose (PENROSE, 1998, 1991), exibindo um status semelhante ao da 2ª lei da termodinâmica na proibição do moto perpétuo. Baseando-se em argumentos lógicos, apresentados na forma do “problema de parar da máquina de Turing” e no teorema da incompletude de Gödel, ele mostra que não pode existir um algoritmo geral para a demonstração de teoremas matemáticos. Argumentando que somos capazes de compreender a demonstração de teoremas matemáticos e que esta capacidade é um dos aspectos da consciência, a nossa mente deve, então, realizar operações não-computáveis.

Um levantamento das objeções a esta proposição, com as respectivas réplicas, pode ser encontrado na referência (PENROSE, 1989), com a atualização nas referências (CONSCIOUSNESS... , 2012; QUANTUM... , 2012).

Penrose propõe que na natureza a fonte de processos verdadeiramente não-computáveis estaria no colapso da superposição quântica de estados (não sendo admitida uma “teoria de variáveis ocultas” da MQ), para o qual ele propõe um mecanismo de auto-redução provocado pela gravitação (a superposição de estados levaria a uma bifurcação instável na estrutura do espaço-tempo).

Porém, apenas a aleatoriedade da MQ não seria suficiente para capacitar a mente a realizar operações não-computáveis, pois esta aleatoriedade poderia ser simulada pela geração computacional de números (pseudo)aleatórios. Tampouco a computação quântica por si mesma não poderia explicar a realização de operações não-computáveis, pois a mesma também faz uso de algoritmos.

Assim, Penrose (1998) e Hameroff (2007) propõem que comutadores quânticos elementares estariam na forma de superposição de dipolos elétricos nas diferentes configurações de proteínas denominadas tubulinas, que encontram-se nos microtúbulos das células. Estas tubulinas, em estado de superposição quântica, sofreriam um processo de “redução quântica orquestrada”, comandada por elementos do mundo platônico das ideias.

Logo, Penrose e Hameroff substituem a dualidade mente-cérebro proposta por Descartes por uma trindade mente-mundo platônico-cérebro. O cérebro passa a ser um dispositivo

que, além de inevitavelmente processar a informação pela comunicação neuronal, também permitiria o acesso a uma realidade matemática preexistente no mundo platônico das ideias.

3 CONCLUSÃO

Percebemos na seleção de tópicos acima que a MQ se faz constantemente presente na discussão da maior parte dos mesmos, em sua forma não-trivial, inspirando modelos especulativos para os aspectos enigmáticos da psique. Vemos que a MQ revela aspectos misteriosos em sua confrontação com o mundo clássico ao qual estamos habituados, e que o estudo da mente também faz surgir questões para as quais ainda não temos respostas. Embora as conexões entre a MQ e a mente sejam sugeridas por analogias encontradas nos universos da Física Quântica e da psique, elas não são óbvias sob a perspectiva lógica e devem ser tomadas com cautela: a MQ é misteriosa, a mente também é misteriosa, mas um mistério não está necessariamente conectado a outro mistério.

REFERÊNCIAS

- AHARONOV, Y.; BERGMANN, P. G.; LEBOWITZ, J. L. Phys. time symmetry in the quantum process of measurement. *Physical Review*, v. 134, n. 6, p. 1410–1416, 1964.
- AHARONOV, Y.; ROHRLICH, D. **Quantum Paradoxes: Quantum theory for the perplexed**. Weinheim: Wiley-VCH, 2005.
- CONSCIOUSNESS, *Biology & Fundamental Physics*. 2012. Disponível em: <<http://www.quantum-mind.co.uk>>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- FROHLICH, H. Long range coherence and energy storage in biological systems. **International Journal of Quantum Chemistry**, v. 2, p. 641–649, 1968.
- GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência Cognitiva: a biologia da mente**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- GELDARD, F. A.; SHERRICK, C. E. The cutaneous ‘rabbit’: a perceptual illusion. **Science**, v. 178, p. 178–9, 1972.
- GHIRARDI, G.; ROMANO, R. **On a proposal of superluminal communication**. 2012. Disponível em: <arxiv.org/pdf/1205.1416>.
- HAMEROFF, S. Consciousness, neurobiology and quantum mechanics: The case for a connection. In: **THE EMERGING PHYSICS OF CONSCIOUSNESS**. Jack Tuszynski (ed.). Berlin: Springer-Verlag, 2007. p. 193–244.
- HORGAN, J. **O fim da Ciência. Uma discussão sobre os limites do conhecimento científico**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- HORGAN, J. **A mente desconhecida. Por que a Ciência não consegue replicar, medicar e explicar o cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- JAMMER, M. **The conceptual development of Quantum Mechanics**. New York: McGraw-Hill Book Co, 1966.
- KOLERS, Paul A.; GRUNAU, Michael von. Shape and color in apparent motion. **Vision Research**, v. 16, n. 4, p. 329 – 335, 1976. ISSN 0042-6989. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0042698976901929>>.
- LIBET, B. **Mind Time: the temporal factor in consciousness**. Cambridge: Harvard University Press, 2004.
- LIPKIND, M. Free will and violation of physical laws. In: ELITZUR, Avshalom C.; SHAHAR, Dolev; NANCY, Kolenda (Ed.). **Quo Vadis Quantum Mechanics?** New York: Springer Berlin Heidelberg, 2005, (The Frontiers Collection). p. 371–396. ISBN 978-3-540-22188-3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/3-540-26669-0_19>.
- LOSCHMIDT’S Paradox. 2012. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Loschmidt's_paradox>.
- NEUMANN, J. Von. **Mathematical Foundations of Quantum Mechanics**. Princeton: Princeton University Press, 1955.

PENROSE, R. **Shadows of the Mind**: A search for the missing science of consciousness. Oxford: University Press, 1989.

PENROSE, R. **A mente nova do rei**: Computadores, mentes e as leis da física. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

PENROSE, R. **O grande, o pequeno e a mente humana**. São Paulo: Unesp, 1998.

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

PETTEN, C. Van et al. Time course of word identification and semantic integration in spoken language. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v. 25, n. 2, p. 394–417, 1999.

POPP, Fritz-Albert. Quantum phenomena of biological systems as documented by biophotonics. In: ELITZUR, Avshalom C.; SHAHAR, Dolev; NANCY, Kolenda (Ed.). **Quo Vadis Quantum Mechanics?** New York: Springer Berlin Heidelberg, 2005, (The Frontiers Collection). p. 371–396. ISBN 978-3-540-22188-3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/3-540-26669-0_19>.

PRESKILL, J. **Lecture Notes for Physics 229: Quantum Information and Computation**. Pasadena: Caltech, 1998.

PÉREZ-NAVARRO, J. M.; GUERRA, X. M. An empirical evaluation of a set of recommendations for extrasensory perception experimental research. **Europe's Journal of Psychology**, p. 32–48, 2012.

QUANTUM Consciousness. 2012. Disponível em: <<http://www.quantumconsciousness.org/publications.html>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

REZNIK, B.; AHARONOV, Y. Time symmetric formulation of quantum mechanics. **Phys. Rev. A.**, v. 52, n. 4, p. 2538–2550, 1995.

SAROVAR, M. Quantum effects in biological systems. **Proc. SPIE 7561, Optical Biopsy VII**, San Francisco, p. 75610D–75610D–9, 2010.

SAROVAR, M. et al. Quantum entanglement in photosynthetic light-harvesting complexes. **Nature Physics**, n. 6, p. 462–467, arXiv:0905.3787. 2010.

SEARLE, J. R. **O mistério da consciência**. São Paulo: Paz e Terra, 1998.

SPOTTISWOODE, P.; MAY, E. Skin conductance prestimulus response: Analyses, artifacts and a pilot study. **Journal of Scientific Exploration**, v. 17, n. 4, p. 617–641, 2003.

STAPP, H. P. **Mindful Universe**: Quantum mechanics and the participating observer. New York: Springer, 2007.

STEIN, M. **Jung – o mapa da alma – uma introdução**. São Paulo: Cultrix, 2006.

TEGMARK, M. Why the brain is probably not a quantum computer. **Information Sciences**, v. 128, p. 155–179, 2000.

WILLIAMS, B. J. Revisiting the ganzfeld esp debate: A basic review and assessment. **Journal of Scientific Exploration**, v. 25, n. 4, p. 639–661, 2011.

XAVIER, C. R. **A permuta dos sábios: um estudo sobre as correspondências entre Carl Gustav Jung e Wolfgang Pauli**. São Paulo: Annablume, 2003.