

CIÊNCIAS DO CÉREBRO E A CONSCIÊNCIA HUMANA: UMA PERSPECTIVA ASTROCÊNTRICA

Alfredo Pereira Junior¹

Resumo

Qual a relação entre consciência e atividade cerebral? É possível que a atividade cerebral que dá suporte à consciência não seja uma função neuronal? Neste breve ensaio, apresento uma nova perspectiva nas Ciências do Cérebro, a Hipótese Astrocêntrica, proposta por James Robertson, que considera o astrócito como estágio final do processamento da informação que atinge a consciência. A rede astrocitária, formada pela conexão entre astrócitos das diversas regiões cerebrais, seria responsável pela integração de aspectos afetivos, emocionais, perceptivos e cognitivos em uma totalidade una e coerente, correspondendo ao “aqui e agora” de nossa experiência individual.

Palavras-Chave:- Cérebro, Consciência, Astrócitos

Em 1906, Santiago Ramón y Cajal recebia o Prêmio Nobel por suas pesquisas a respeito da estrutura microscópica do cérebro. Uma de suas principais conjecturas era a “Doutrina do Neurônio”, postulando que o neurônio seria a unidade funcional do sistema nervoso. Na visão clássica da atividade cerebral, as redes neuronais - formadas por neurônios conectados por meio de sinapses – seriam as responsáveis pelas diversas funções desempenhadas pelo cérebro, os processos cognitivos, afetivos, emocionais e motores.

Cajal sabia que o cérebro contém outras células, mais numerosas que os neurônios, as chamadas *células gliais*. Entretanto, a função destas células era amplamente desconhecida. Eram consideradas mero suporte estrutural e metabólico para a atividade neuronal - daí o nome “glia”. Ao se completar o centenário da consagração de seu trabalho, começa-se a avaliar que a área interdisciplinar que veio a receber - há cerca de 50 anos, ainda sob influência de Cajal - o nome de “Neurociência”, conseguiu entender apenas uma parte da atividade cerebral.

Novas tecnologias e modelos explicativos têm gerado conhecimentos novos a respeito das células gliais, mostrando que elas têm papel tão ativo quanto os neurônios, nas diversas funções realizadas pelo cérebro. Para aumentar a surpresa dos neurocientistas, trabalhos recentes têm dado suporte à hipótese “astrocêntrica” levantada por James Robertson (2002),

¹ Professor Adjunto do Departamento de Educação do Instituto de Biociências – UNESP – Campos de Botucatu – e-mail: apj@ibb.unesp.br.

postulando que os astrócitos, tipo mais freqüente das células gliais, teriam papel central para o processamento consciente e formação da memória.

Estudos também clássicos a respeito da formação da memória e da mediação cerebral dos processos conscientes, que se iniciam por volta da década de 1940, com McCullough e Pitts, passando pela famosa “Lei de Hebb”, proposta por Donald Hebb em 1949, e por estudos experimentais de Potenciação de Longa Duração (LTP), a partir da década de 1960, enfocaram exclusivamente as conexões entre neurônios. Em uma modelagem simplificada, uma sinapse circunscreve o terminal axonal do neurônio chamado de *pré-sináptico*, e uma seção do dendrito do neurônio *pós-sináptico*. Entre ambos há uma fenda, na qual se propagam determinadas macromoléculas, liberadas pelo neurônio pré-sináptico, os *transmissores* e *moduladores* neuronais, que se ligam a receptores localizados na membrana do neurônio pós-sináptico, possibilitando assim que um sinal bioelétrico que atinja o terminal axonal do neurônio pré-sináptico seja transmitido ao neurônio pós-sináptico.

Uma das descobertas que está revolucionando o nosso entendimento do cérebro é que muitas das sinapses cerebrais, especialmente as que envolvem o neurotransmissor mais utilizado para os processos cognitivos, afetivos e emocionais, o *glutamato*, não se reduzem a uma conversa de dois neurônios, mas constituem um “triângulo” no qual participa também o astrócito. O nome “sinapse tripartite” foi cunhado justamente para dar conta desta nova descoberta. Tal descoberta não tem apenas implicações estruturais, mas também funcionais, impactando justamente o nosso conhecimento dos mecanismos envolvidos nas chamadas “funções cognitivas superiores” humanas, como a memória e a consciência.

No processo de formação de memória, tem-se observado que a participação do astrócito na sinapse tripartite influencia a resposta que os neurônios darão a um estímulo excitatório. Tais respostas são basicamente duas: a) o estímulo vai desencadear um processo de LTP, que envolve uma determinada transdução de sinais intra-celulares, regulação gênica e aumento da produção de receptores sinápticos, dando suporte à formação de memórias, ou b) o estímulo vai desencadear um processo de LTD (Depressão de Longa Duração), que bloqueia a formação de memória do estímulo e reduz a sensibilidade dos neurônios perante a nova estimulação do mesmo tipo.

Modelos disponíveis da sinapse tripartite glutamatérgica suportam a alternativa de que o astrócito seria o componente que definiria se um determinado estímulo vai ser lembrado ou esquecido. O sinal excitatório recebido pelo neurônio pré-sináptico é automaticamente repassado para o neurônio pós-sináptico, que o transmite para outros neurônios. Entretanto, o

glutamato liberado pelo primeiro neurônio atinge não só o segundo como também o astrócito, gerando uma resposta deste.

Diferentemente do neurônio, o astrócito não produz potenciais elétricos, mas processa a informação recebida e atua sobre o neurônio pós-sináptico por meio de uma modalidade de processamento de informação que utiliza como veículo as ondas de cálcio (i.e., fluxo de íons de cálcio dentro do astrócito). Estas ondas atravessam o astrócito, que tem a forma de uma estrela, e atingem outras extremidades, onde elicitam a liberação de glutamato astrocitário, o qual se liga a receptores extra-sinápticos de ambos os neurônios. Através deste sinal, o astrócito pode determinar se os mesmos entrarão em um processo de potenciação ou depressão.

Como a inusitada participação dos astrócitos impacta o estudo dos mecanismos cerebrais que dão suporte à consciência, e também de transtornos e doenças que afetam a consciência, como a Epilepsia de Ausência, Esquizofrenia e Depressão? Os principais fatores cerebrais experimentalmente correlacionados com o processamento consciente são a resposta hemodinâmica medida em Ressonância Magnética Funcional (fMRI), e a Sincronia Oscilatória Global, registrada em diversas modalidades de Eletroencefalograma (EEG).

No âmbito da Neurociência Cognitiva, diversos experimentos têm sido realizados, nos quais se solicita que um sujeito humano realize uma tarefa perceptiva e/ou cognitiva, ao mesmo tempo em que se faz o escaneamento de sua atividade cerebral por intermédio do fMRI. Em estudos sobre consciência, é fundamental ainda que o sujeito reporte, de modo verbal ou não-verbal (p.ex., apertando um botão) quais os seus estados e processos mentais durante a execução da tarefa.

Com base nestes dados, os pesquisadores “subtraem” a atividade cerebral medida na ausência da tarefa (e também, se for o caso, a atividade cerebral ligada aos movimentos necessários para se efetuar o relato) do resultado obtido durante a tarefa, conseguindo assim um resultado que corresponderia à atividade cerebral que dá suporte aos estados de consciência obtidos durante o experimento.

Em vários experimentos, este resultado se mostrou muito bem correlacionado com o tipo de conteúdo consciente reportado pelos sujeitos. Por exemplo, sempre que os sujeitos vêem rostos de pessoas, uma determinada região do córtex apresenta atividade diferenciada. Tal correlação tem levado um grupo influente de pesquisadores a propor que, com base exclusivamente na fMRI (sem os relatos dos sujeitos), se pode fazer a “leitura da mente”, ou seja, prever com alto grau de acerto o *tipo de conteúdo* que as pessoas estão pensando ou sentindo (HAYNES & REES, 2006). Observe-se aqui que se pode identificar apenas o *tipo* de

conteúdo consciente, por exemplo, se o indivíduo está reconhecendo uma face humana; porém, com tais recursos não há como se determinar objetivamente *qual face* está sendo reconhecida. Tal limitação decorre da própria natureza do processo de significação, uma vez que um determinado significante (estímulo) pode desencadear diversas respostas cerebrais (correspondendo a diferentes significados), sendo também possível que diversos significantes induzam um mesmo padrão de ativação (correspondendo a uma mesmo significado a eles atribuído por um sujeito).

Tal possibilidade de “leitura parcial” da mente, já comprovada experimentalmente, tem grande importância para a Filosofia da Mente, pois derrubaria a crença de que os estados conscientes ocorreriam apenas na perspectiva de primeira pessoa, como proposto pelo Dualismo de Propriedades de Chalmers (1996). Teríamos então, ao contrário do que as posições dualistas postulam, a possibilidade de acesso ao conteúdo dos estados conscientes da perspectiva da terceira pessoa (observador científico).

Recentemente, tem ficado evidente que a resposta hemodinâmica depende diretamente dos astrócitos e não dos neurônios, pois são os primeiros que exercem o controle vascular (HAYDON & CARMIGNOTO, 2006). Em termos estruturais, este resultado era previsível, pois os neurônios não têm contato direto com o sangue, recebendo glicose e outros elementos por intermédio de astrócitos. A novidade está em se determinar, funcionalmente, que a resposta hemodinâmica é prejudicada quando se perturba a atividade dos astrócitos. Neste mesmo trabalho, se verificou ainda que os astrócitos são mais sensíveis a certos aspectos da informação visual do que os próprios neurônios (SCHUMMERS et al., 2008).

No que diz respeito ao fenômeno da sincronia oscilatória, observa-se inicialmente que ela ocorre em várias frequências (delta, teta, alfa, beta, gama), e pode ainda ser local ou global. É a sincronia global que se correlaciona melhor com a consciência. Os astrócitos estão envolvidos tanto no processo de geração da sincronia local (que pode conduzir à sincronia global) quanto no processo pelo qual a sincronização já existente gera consequências para a atividade cerebral (FELLIN et al., 2004) e possivelmente para o comportamento.

Como cada astrócito está conectado a até 140.000 sinapses, a partir do momento em que sua atividade fisiológica (formação de ondas de cálcio) ultrapassa certo limiar, esta célula pode ativar simultaneamente grande número de sinapses, favorecendo a sincronização dos neurônios envolvidos. De modo reverso, uma vez estabelecida a sincronia de grande população de neurônios, estes podem ativar concomitantemente os astrócitos aos quais estão conectados, fazendo com que ultrapassem o limiar para a geração de ondas de cálcio (PEREIRA e FURLAN, 2009). Este círculo excitatório, envolvendo neurônios sincronizados

e astrócitos, muito provavelmente está no centro do processamento cerebral da consciência. Novos resultados experimentais, confirmando ou refutando estas conjecturas, são aguardados.

Como o estudo da consciência é uma área interdisciplinar de grande complexidade, que ainda não atingiu um grau de maturação suficiente para forjar referenciais teóricos amplamente reconhecidos pela comunidade científica, a formulação da hipótese astrocêntrica tem como objetivo principal inspirar a formulação de novos modelos e estudos empíricos, possibilitando o debate e comparação com os modelos neurocêntricos predominantes na atualidade. Deste modo, espera-se que da diversidade de alternativas possa se engendrar o progresso do conhecimento nesta área, que é de grande interesse para a auto-compreensão humana, possibilitando, em futuro breve, a implantação da Ciência da Consciência como disciplina e/ou curso reconhecido nos meios acadêmicos.

Referências

- Chalmers, D. *The Conscious Mind*. New York: Oxford University Press (1996)
- Fellin, T., Pascual, O., Gobbo, S., Pozzan, T., Haydon, P.G., Carmignoto, G.: Neuronal synchrony mediated by astrocytic glutamate through activation of extrasynaptic NMDA receptors. *Neuron* **43**, 729–743 (2004)
- Haydon, P.G., Carmignoto, G.: Astrocyte control of synaptic transmission and neurovascular coupling. *Physiol. Rev.* **86**, 1009-1031 (2006)
- Haynes, J.D., Rees G.: Decoding mental states from brain activity in humans. *Nat. Rev. Neurosci.* **7**, 523-534 (2006)
- Pereira Jr, A. and Furlan FA. On the Role of Synchrony for Neuron-Astrocyte Interactions and Perceptual Conscious Processing. *Journal of Biological Physics* **35**, 465-480 (2009)
- Robertson, J.M.: The Astrocentric Hypothesis: proposed role of astrocytes in consciousness and memory formation. *J. Physiol. Paris.* **96**, 251–255 (2002)
- Schummers, J, Yu, H., Sur, M.: Tuned responses of astrocytes and their influence in hemodynamic signals in visual cortex. *Science* **320**, 1638-1643 (2008)

BRAIN SCIENCES AND HUMAN CONSCIOUSNESS: AN ASTROCENTRIC PERSPECTIVE

Abstract

What is the relation between consciousness and brain activity? Is it possible that the kind of brain activity that directly supports consciousness is not a neuronal function? In this essay, I present a new perspective in brain sciences, the Astrocentric Hypothesis raised by James

Robertson, considering astrocyte activity as the final step in the processing of information that reaches consciousness. The astrocytic network, formed by the connection of astrocytes from all brain sub-systems, would be responsible for the integration of affective, emotional, perceptual and cognitive aspects into coherent and unitary conscious episodes, corresponding to the "here and now" of our individual experience.

KEY-Words: Brain, Consciousness, Astrocytes

Agradecimento: CNPQ e FAPESP, pelo apoio concedido a esta pesquisa.