



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Marília



**CULTURA
ACADÊMICA**
Editora

Ciências Cognitivas, Semiótica e Neurociências

Breno Serson

Como citar: SERSON, B. Ciências Cognitivas, Semiótica e Neurociências. *In:* GONZALES, M. E. Q. *et al.* (org.). **Encontro com as ciências cognitivas.** Marília: Faculdade de Filosofia e Ciências, 1997. p. 111-124 DOI: <https://doi.org/10.36311/1997.978-85-60810-30-7.p111-124>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição- NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

1 Introdução

Os cientistas cognitivos *sensu latu* podem ser divididos de acordo com em três grandes tendências ou orientações, os *tecnológicos*, os *experimentais* e os *filosóficos*, sem que estas divisões sejam absolutas ou estanques. Pode-se dizer que os *tecnológicos* objetivam construir sistemas informáticos e/ou robóticos exibindo capacidades de percepção, inteligência ou ação, ainda que em domínios bastante restritos. Os *experimentais* buscam compreender, de maneira mais desinteressada e empírica, os mecanismos e princípios de funcionamento da percepção, inteligência e ação em seres humanos, máquinas ou animais. Já os *filosóficos* visam compreender não só as mesmas percepção, inteligência e ação mencionadas, mas sobretudo enunciar princípios mais globais e fundamentais sobre os processos cognitivos, assim como sobre sua investigação e aplicações. Os *filosóficos* debatem ainda, além de questões epistemológicas, metodológicas e éticas, cruciais para o desenvolvimento das jovens Ciências Cognitivas, problemas específicos tais como as relações pensamento/linguagem, cérebro/mente, intencionalidade/auto-organização/consciência, ou conhecimento/tecnologia/ética.

Cientistas cognitivos de orientação tecnológica tipicamente têm boas dotações orçamentárias para implementar sistemas informáticos e/ou robóticos que *funcionem*, sem fidelidade, *a priori*, com teorias filosóficas ou paradigmas científicos. Todavia, visando obter reconhecimento e meios de pesquisa para desenvolver suas teorias, alguns *experimentais* acabam por vezes obtendo performances dignas de *tecnológicos* (cf. o sistema conexionista NETalk, que “lê” inglês em voz alta, em Sejnowski & Rosenberg 1986). Já os *tecnológicos* mais puros, não se colocando restrições paradigmáticas, constroem indistintamente desde redes conexionistas acopladas a sonares de submarinos (para distinguir

¹ Programa de Pós-Graduação em Semiótica e Comunicação, PUC-SP, Grupo de Ciência Cognitiva, Instituto de Estudos Avançados, USP-SP.

imagens de minas de rochedos) a programas de inteligência artificial *clássicos* (para realizar diagnósticos médicos ou analisar empréstimos bancários). Os *tecnológicos* são os cientistas cognitivos que mais se aproximam do espírito de uma *engenharia cognitiva*.

Cientistas cognitivos de orientação experimental tendem a aderir a paradigmas (cf. Kuhn) ou programas de pesquisa específicos (cf. Lakatos), em função dos quais não só projetam seus experimentos, mas também valorizam, interpretam e generalizam os resultados experimentais obtidos. Tais adesões teóricas - lembremos do behaviorismo - podem todavia comprometer seriamente o trabalho dos *experimentais*. Já os cientistas cognitivos de orientação mais filosófica tentam tirar proveito da longa história do pensamento humano não só para criticar pontos de vista teóricos, mas também para levantar questões metodológicas, epistemológicas ou éticas. Tal como o risco dos *experimentais* é perder-se na miopia das adesões teóricas mencionadas acima, o risco dos *filosóficos* é dissipar-se nas controvérsias entre autores no uso de palavras, ou, inversamente, aprisionar-se nas malhas de formalismos e dogmatismos - lembremos da filosofia analítica da linguagem. Em ambos os casos perde-se a oportunidade de fazer avançar idéias e teorias com conseqüências potencialmente relevantes.

Tudo isto é dito para concluir que, idealmente, estes três grupos ou *pólos culturais* deveriam cultivar a interdisciplinaridade de fato, de modo a literalmente colaborar, compensando-se assim as fraquezas mencionadas e potencializando-se teorias e práticas. Por exemplo, cientistas cognitivos de orientação mais filosófica deveriam prover às áreas mais experimentais e tecnológicas não só uma metodologia lógica de pesquisa, mas também uma base de idéias vagas e gerais para a elaboração das hipóteses merecedoras de investigação (cf. Peirce, 1974, v. 1, § 129, v. 5, § 196 etc). Por outro lado, realizações dos *tecnológicos* - tais como redes neurais criadas para tarefas ad hoc - deveriam servir de modelos apenas relativos e sugestivos para teorias de *experimentais* e *filosóficos*, sem uma excessiva fetichização do empírico (atualmente rodando em torno do modelizável, do simulável e do implementado).

Nós não nos estenderemos mais na discussão destas posturas intelectuais e do ideal de interdisciplinaridade na ciência contemporânea e particularmente nas jovens Ciências Cognitivas (vide p. ex. Winograd & Flores, 1987, p. 14-26; Varela, 1987, p. 1-9; Gardner, 1987, p. 389-397; Andler, 1990, p. 66-67). Insistimos apenas que tal discussão é crucial, servindo-nos aqui, no contexto desta apresentação, para introduzir as

particularidades do pensamento neurocientífico no seio das Ciências Cognitivas. Este nos servirá por sua vez para iniciar a abordagem de algumas teorias neurocientíficas sobre representações (*objetos*) mentais (ou *cerebrais*), o tema central desta apresentação.

2 Neurocientistas

Já em 1948, no Hixon Symposium, o neurofisiologista K. Lashley posicionava-se contra a analogia cérebro/computador digital, então nascente (cf. Gardner, 1987, p. 264). Os neurocientistas foram assim os primeiros a se opor ao pensamento do cognitivismo clássico e ao paradigma do *tratamento da informação*, que a partir dos anos 60, enraizado na tradição do racionalismo cartesiano e insuflado pelos êxitos e promessas dos programadores da Inteligência Artificial, entusiasticamente uniu lingüistas chomskianos, psicólogos cognitivos, lógicos formais e filósofos analíticos. Em torno do funcionamento do computador digital programado e da tese funcionalista - segundo a qual, grosso modo, um software roda em qualquer hard- ou mesmo *wetware* - o cognitivismo clássico podia deixar de lado os *detalhes de implementação* do cérebro humano, tanto quanto efetivamente deixava de lado os detalhes da engenharia de chips de silício.

Mais tarde, os neurocientistas passaram a insistir cada vez mais sobre a fundamental incorreção (ao menos) metodológica do funcionalismo radical (cf. Kolinsky & Morais, 1991), à medida que novos conhecimentos sobre o funcionamento de sistemas nervosos foram sendo compilados. Não utilizá-los a priori na elaboração, balizamento e investigação de hipóteses e modelos em Ciências Cognitivas (cf. p. ex. Sejnowski & Churchland, 1989, p. 339-342; Changeux & Dehaene 1989, p. 69) seria, como diz Peirce, “bloquear o caminho da pesquisa”.

Assim, se refletirmos por exemplo sobre limitações temporais e estruturais da transmissão de impulsos nervosos, assim como sobre certos dados neuropsicológicos, dificilmente poderemos aceitar que o Sistema Nervoso Central humano processe informação serialmente, no molde das máquinas de von Neuman. Afinal, se um potencial de ação neuronal dura de 2 a 3 ms e se o tempo necessário para respostas cognitivas complexas (motora, verbal etc.) é da ordem de centenas de milissegundos, não poderíamos ter muito mais que 100 passos seriais nos supostos *programas* cerebrais (contra milhares ou milhões de passos seriais em qualquer programa informático útil).

A formação biológica, enquanto oposta por exemplo às formações matemáticas, filosóficas ou literárias, enquadra metodológica e epistemologicamente qualquer estudo do ser vivo (inclusive o dos processos cognitivos), em torno de certas problemáticas chave. Entre estas estão (i) a relação estrutura/função; (ii) a redução/emergência entre níveis de organização biológica (molecular, celular, tecidual, organismico, comunitário, entres outros); (iii) a evolução natural onto- e filogenética; (iv) o pensamento ecológico e populacional, (v) o desenvolvimento, a complexificação e os ciclos vitais de organismos e ecossistemas. Deve-se observar que estas problemáticas de história natural - sobretudo o último ponto (v) - obedecem a dialéticas biológicas próprias (p. ex. entre genético e epigenético, entre possível e provável, entre próprio e não-próprio de um organismo e espécie, entre cooperação, competição e seleção ambiental etc.).

As Neurociências, além de partilharem desta *weltanschauung* própria à Biologia, exibem todavia peculiaridades adicionais: muito além da genética, processos epigenéticos em vários níveis são necessários para explicar a complexidade estrutural, funcional e adaptativa do Sistema Nervoso Central dos vertebrados. No caso particular do ser humano, além de genética e epigênese, aspectos culturais - a priori alheios à formação biológica - têm que ser levados em conta, pois defrontamo-nos com pensamento e inteligência abstrata, mediadas por linguagens (i. e. sistemas semióticos) complexas. Integrando a Biologia em um esforço interdisciplinar, o estudo da cognição humana constitui talvez a última grande fronteira aberta ao conhecimento científico. O desafio seria não só conhecer o intrigante par estrutura/ função biológica constituído pelo cérebro, mas também o objeto “neurofilosófico” mind-brain (Churchland, 1986), ou ainda o objeto transdisciplinar cérebro-mente-linguagem-sociedade (como enfatizado por Luria, Vygotsky e a escola soviética em geral).

É notável que apesar da Cibernética e dos estudos *biologisantes* notáveis dos anos 40 (p. ex. McCulloch & Pitts, 1943, Hebb, 1949), a primeira geração de cientistas cognitivos passou bem ao largo das Neurociências. Da tese de Turing-Church às conquistas tecnológicas dos programadores de AI, dos experimentos da psicologia cognitiva dos anos 50-70, sugerindo processamento serial de informação à facilidade oferecida pelo paralelismo estrito entre sintaxe e semântica e ao poder *semântico* da sintaxe, do fascínio da formalização lógico-matemática e da lingua universalis ao “mentalês” de Fodor, tudo levava cientistas, vindo de universos disciplinares tão diferentes como psicologia, ciências da computação e lingüística, a uma concordância quase católica em torno dos princípios básicos dos processos

cognitivos enquanto manipulação (basicamente dedutiva, a partir de regras explícitas) de representações vistas como “símbolos físicos” (Simon & Newell) e tratados linguisticamente.

As críticas dos não biólogos às teses racionalistas, funcionalistas, inatistas e computacionalistas do cognitivismo dito clássico - p. ex. Dreyfus, 1972; Lakoff, 1987, parte da literatura conexionista - chegaram a resvalar na idéia, natural para o biólogo, de que cognição é algo ligado à percepção e à motricidade centradas em um corpo em interação com um meio ambiente, corpo em evolução onto – e filogenética, submetido à seleção natural. Somente um biólogo de formação diria que “precisamos explicar as grandes diferenças qualitativas entre a cognição e a cognição humana baseada na linguagem como o resultado de reutilizações de circuitaria neural de primatas e de modificações relativamente pequenas” (Serenó, 1990, apud Bienenstock, 1991b, p. 16).

Enfim, somente biólogos como Maturana, Skarda, Freeman ou Varela (cf. p. ex. Varela, 1989, p. 7-16; Maturana, 1980; Winograd & Flores, 1987, p. 38-53 sobre as teses de Maturana) poderiam propor uma abordagem “anti-representacionista” nas Ciências Cognitivas. Tal abordagem repousa sobre a dialética entre (i) o modelo de *instrução* e de processamento de informação representacional entre input e output (a perspectiva do controle do engenheiro, hegemônica nas Ciências Cognitivas) e (ii) o modelo de “autopoiese” e de referência à homeostase de um organismo (a perspectiva da autonomia do biólogo). Do ponto de vista (ii), a história de interações de um sistema cognitivo, tal como uma rede de autômatas simples dispostos em anel, pode explicar como um sistema cognitivo *fechado* categoriza o meio ambiente sem nenhuma instrução, representação prévia ou regra (Varela, 1989, p. 217-214)

Em suma, nada mais estranho ao biólogo de formação do que conceber a cognição em termos de *solução de problemas* ou sob a forma de programas informáticos, de seqüências dedutivas ou como algo guiado por listas estruturadas e regras rígidas e explícitas de produção. Nada mais natural que conceber que “cognição e consciência não foram elaboradas em um mundo de Idéias platônicas, mas em um mundo de competição darwiniana, no qual pequenas melhoras no controle sensorio-motor podem dar vantagens a um organismo, em termos de predação ou reprodução” (Churchland, 1990, p. 87). Assim, nada mais natural que o Neural Darwinism de G. Edelman (1987), nada mais estranho que a Computation and Cognition, de Z. Pylyshyn (1984). Nada mais incorreto do ponto de vista metodológico que pretender, como Fodor & Pylyshyn (p.ex. Fodor & Pylyshyn, 1988),

que as propriedades sintáticas do pensamento e das linguagens humanas não possam ser estudadas do ponto de vista biológico. Ora, neurocientistas são irrevogavelmente biólogos. É com este pano de fundo que abordaremos a seguir algumas teorias sobre representações mentais fundadas nas neurociências.

3 Teorias neurocientíficas das representações mentais

Por tudo que foi dito, é fácil entender que as teorias neurocientíficas da representação estão na contramão da maioria das teorias correspondentes ao restante das Ciências Cognitivas. Isto se passa principalmente à medida que estas últimas podem ser vistas como teorias da realização (ou *implementação*) de representações em neurônios vivos e organizados em sistemas nervosos de animais interagindo com um meio ambiente.

Já para os cientistas cognitivos *experimentais* mas não neurocientistas, representações podem ser vistas, grosso modo, como conhecimento *desbiologizado*, descrito na forma de símbolos físicos (cf. p. ex. Simon, 1980) funcionalisticamente *desimplementados* ou sub-símbolos (Smolensky, 1988). Tais representações são manipuladas sintaticamente enquanto átomos lógicos (cognitivism clássico) ou como traços que comporiam tais átomos, segundo regularidades estatísticas multidimensionais (parte do connexionismo).

Já os *filosóficos* que detêm a hegemonia teórica nas Ciências Cognitivas, inspirados na filosofia analítica e na lógica dedutiva, vêem representações como entidades quase lingüísticas ou lógicas, que igualmente *desbiologizadas* e *desimplementadas*, denotam objetos do mundo e podem ser verdadeiras ou falsas. Tais visões podem ser encontradas em Cummins 1989 (um exemplo acabado da visão hegemônica sobre o assunto), em Eco, Santambroglio & Violi, 1988 (onde uma “Lingüística generalizada” faz as vezes de uma genuína Semiótica), assim como em Jorna, 1991 (uma resenha destes dois últimos trabalhos).

Enfim, os *tecnológicos* não precisam, em suas realizações concretas, senão de sistemas de signos e estruturas simbólicas ad hoc (p. ex., para uma rede neural dada, uma unidade ou conjunto de unidades ativas representa a pronúncia de “th” como em “the” ou “imagem de rochedo”, em oposição a “mina submarina”). Por vezes os *tecnológicos* partilham com os *experimentais* uma teoria de representações e inferências (i. e. uma semiótica) *folk*, em oposição a uma semiótica *científica*, como a fundada na obra de C. S.

Peirce.

Só recentemente a semiótica *científica* foi considerada pelos cientistas cognitivos (vide Fetzer, 1988 e 1993; von Eckhart, 1993; Serson, 1992, Serson a sair, os dois últimos analisando as teorias semióticas subjacentes ao cognitivismo clássico e ao conexionismo). No contexto de uma semiótica *científica*, muitos problemas se dissolveriam. Ficaria claro, por exemplo, que uma representação não é uma relação biunívoca, mas uma relação mais complexa, envolvendo ao menos três relações. Da mesma maneira, seria um falso problema considerar uma representação que não fosse irrevogavelmente vaga e geral em certo grau, em contraste ao *preciso, determinado e atômico*.

Para o neurocientista, estudar representações ou *objetos* mentais (compreendendo perceptos, imagens de memória e conceitos (segundo Changeux, 1983, p. 168), passa necessariamente por estudá-los primariamente como “função” da “estrutura” constituída por organizações de grupos neurônios - mesmo que isto idealmente não exclua a consideração dos aspectos “desbiologizados” e “desimplementados”, esboçados acima. Com esta pedra angular da especificidade neurobiológica em mente, passaremos a rever brevemente algumas das principais tendências teóricas no estudo neurocientífico das representações mentais. Ao analisar as teorias de Barlow, Hebb, Changeux e von der Malsburg & Bienenstock, nós nos serviremos basicamente - além dos trabalhos destes autores - das sínteses realizadas por Bienenstock (1991a e 1991b; também Bienenstock & Doursat, 1991).

As teorias neurocientíficas mais simples e antigas sobre representações mentais podem ser sintetizadas pela posição de Barlow (1972). A teoria de Barlow pretende que, qualquer que seja o nível de abstração e de complexidade de um objeto mental, sua representação neuronal corresponde à ativação de um pequeno número de neurônios. Assim, a presença da avó de um observador ativaria simultaneamente alguns neurônios ditos *cardinalis* no cérebro deste, codificando traços tais como o xale, o penteado, ou o rosto da senhora. Tal modelo, extremamente “localizacionista”, é por vezes ridicularizado, pretendendo-se que um só neurônio “pontifical” ativo (“grandmother cell”) corresponderia à presença da avó (Bienenstock, 1991, p. 203).

As críticas a tal modelo localizacionista e de correspondência biunívoca entre objetos definidos do mundo e neurônios específicos são óbvias e numerosas: além da problemática da composicionalidade e da divergência com dados experimentais, o fato

empírico de que um pincel de luz, movendo-se em determinada direção, ativar maximamente um dado neurônio no córtex visual do gato não nos permite dizer por exemplo que o conceito de *belo* ative neurônios precisos em uma localização precisa. Barlow estaria, na escala celular, próximo ao localizacionismo de Gall, à teoria aristotélica dos conceitos e ao conexionismo mais ingênuo.

Hebb, em seu livro seminal *The organization of behavior* (1949), além de introduzir a regra de aprendizado que constitui um dos fundamentos do paradigma conexcionista (“fortaleça conexões muito ativas, enfraqueça conexões pouco ativas”), desenvolveu a noção de “assembléia neuronal”. Estas noções tornaram possíveis, em última análise, teorias correntemente aceitas, como a de Changeux (1983). Isto porque a noção hebbiana de assembléia neuronal dá espaço a mecanismos de cooperação entre neurônios e ao surgimento de propriedades coletivas emergentes, configurando já uma forma de auto-organização ausente na abordagem de Barlow (Bienenstock, 1991a, p. 203).

A teoria hebbiana fundamenta portanto abordagens neurocientíficas convencionais como a de Changeux, para quem “o objeto mental é identificado ao estado físico criado pela entrada em atividade (elétrica e química), correlacionada e transitória, de uma grande população ou assembléia de neurônios, distribuída nas diversas áreas corticais definidas” (1983, p. 174), definindo assim um grafo neuronal.

Mais ainda, conciliando uma das tensões básicas das neurociências, a do localizacionismo vs. holismo, as teorias fundadas na abordagem de Hebb (1949) permitem-nos supor um continuum entre organismos e situações “localizadas” e situações “holísticas”. Em um extremo do continuum temos por exemplo (i) sistemas nervosos como o da lesma *Aplysia* estudada por Kandel ou (ii) a seletividade de neurônios do córtex visual a traços, direções de deslocamento ou arestas, demonstrada nos trabalhos clássicos de Hubel & Weisel mencionados há pouco. Pode-se dizer que neste extremo do continuum, a atividade de populações definidas de neurônios corresponde efetivamente a um evento ou comportamento.

Por outro lado, à medida que avançamos dentro da hierarquia dos objetos mentais - p. ex. de perceptos simples como facho de luz a conceitos mais complexos como ética (passando por perceptos mais complexos como cenas visuais, imagens de memória ou conceitos simples como cadeira) - o caráter localizado vai se perdendo. Todavia, como ressalta Bienenstock (1991a, p. 204), as abordagens convencionais do objeto mental,

exemplificadas pelas teorias de Barlow, Hebb e Changeux, fundam-se sobre um atomismo lógico do ponto de vista cognitivo, à medida que o todo equivale à soma das partes e que um objeto mental é visto não como uma relação, mas como uma justaposição de sub-objetos. Assim, no outro extremo do continuum aludido, se pensarmos em atividades cognitivas altamente complexas, tal como a prática da tradução simultânea, podemos mesmo nos perder com o uso do conceito *atômico* de objeto mental, tal seria o *holismo* representacional da situação.

Para Bienenstock, o tratamento cognitivo de diferentes apresentações de um objeto mental (p. ex. diferentes distâncias e perspectivas na visão do xale da avó) resultaria invariavelmente em uma explosão combinatória como ocorre nas abordagens algorítmicas de visão artificial. De fato, se cada ocorrência singular de um objeto correspondesse a um grafo preciso e determinado, composto pelos neurônios ativos e seus estados, seria muito difícil lidar com invariantes perceptuais ou simplesmente conceber processos cognitivos.

A partir desta constatação, Bienenstock passa a trabalhar com a teoria das correlações da função cerebral de von der Malsburg, originalmente formulada em 1981, e com seus próprios desenvolvimentos desta teoria, que será referida por TMB (Teoria de von der Malsburg/ Bienenstock). Na TMB a dinâmica temporal passa a ser considerada, o que permite explicar o caráter composicional dos processos cognitivos muito melhor que as teorias convencionais. Na TMB os objetos mentais são mais flexíveis e principalmente passíveis de composição sintática e de outras combinações e relações não triviais.

Buscando superar algumas das dificuldades representacionais das teorias convencionais dos objetos mentais - segundo a qual “atividades dos neurônios individuais codificam propriedades simples de objetos elementares” - a idéia seminal da TMB foi a de considerar as correlações temporais rápidas entre atividades dos neurônios individuais, que ocorrem na escala temporal dos potenciais de ação, permitindo uma topologia rica nos objetos mentais. Como já dito, estas últimas são medidas na escala do milissegundo, enquanto que o tempo de formação e *permanência* de objetos mentais, tais como perceptos ou imagens de memória, mede-se em centenas de milissegundos (lembramos as ondas P 300 dos potenciais evocados, as latências de resposta neuropsicológicas etc.). Adicionalmente, TMB admite, além da plasticidade sináptica hebbiana, que é lenta e *gravada* nos pesos sinápticos, uma plasticidade *rápida*, reversível. Esta também é hebbiana, à medida em que ocorre

entre neurônios momentaneamente sincronizados que se reforçam ou inibem mutuamente. De tudo isto resulta que um objeto mental não é mais a ativação *instantânea* de um grafo, mas a evolução temporal deste.

A TMB levanta portanto dúvidas sobre a codagem de informação das teorias convencionais da representação, na forma de frequências de disparos (*firing rates*), i. e. de níveis médios de atividade de neurônios ou assembléias de neurônios. Vai também contra a idéia convencional que a estrutura temporal fina da atividade neural - da ordem do potencial de ação - nada mais é que ruído, fenômeno estocástico que não conteria informação semanticamente significativa. Mas visando propor soluções aos problemas da composicionalidade e invariância perceptiva, característicos dos processos cognitivos humanos, afirma que “símbolos podem ser corporificados no cérebro na forma de padrões espaço-temporais ou traços. Estes traços, contrariamente às configurações médias de disparos neuronais, possuem estrutura intrínseca, podendo portanto ser compostos uns com outros de diversas maneiras para formar padrões de mais alta complexidade” (Bienenstock & Doursat, 1991, p. 2).

Do ponto de vista semiótico, a TMB aponta que a codagem de representações nas teorias convencionais nada é senão a formação de listas, i. e. de objetos não estruturados. É indiferente se a lista é de símbolos físicos, microfeatures, representações connexionistas localizadas ou sub-símbolos; o caráter básico faltante é uma estrutura intrínseca que possibilite a codagem, no mesmo formato, de várias relações entre os n itens de uma lista (Bienenstock & Doursat, 1991, p. 6). Já a codagem da representação na TMB consiste em uma cadeia ou cadeias interligadas (tranças) de neurônios que disparam simultaneamente (as “synfire chains” de M. Abeles), ao longo da *vida*, de até centenas de milissegundos, de um objeto mental *distinto*. Notemos que o qualificativo *distinto*, no sentido de *discreto* aplica-se a nossa distinção, do exterior, de um objeto mental em uma cadeia ou trem de pensamento que é estritamente contínua e que vai continuamente compondo-se com outras (cf., em outro contexto, Peirce, 1974, p. v. 6 § 102-62, v. 5, § 263, v. 1, § 82 etc).

A metáfora usada para este jogo composicional, tornado possível pela estrutura temporal fina dos objetos mentais que *vivem* por centenas de milissegundos, é a do jogo Lego. Este jogo consiste em peças plásticas (*tijolos, placas, barras*) todas com indentações e encaixes que possibilitam construções dinâmicas e reversíveis, desde que os

encaixes sejam respeitados. Como no Lego, o número de combinações possíveis tende ao infinito quando o número de neurônios ativos sincronizados (= peças encaixadas) tende a crescer.

O grafo correspondente a uma representação ou objeto mental na TMB exhibe, além de uma certa generalidade, uma topologia rica, resultado da combinação de um número qualquer de sub-objetos. Simulações informáticas de geração de cadeias de *synfire chains* e de *tranças* formadas de cadeias *coladas* aqui e ali mostraram resultados animadores em termos de riqueza, evolução permanente e auto-organização. As *tranças* corresponderiam à *associação de idéias* entre objetos formados por cadeias. Não poderemos nos estender aqui na descrição destas simulações, cujos detalhes técnicos podem ser encontrados nos trabalhos de Bienenstock.

A guisa de conclusão, limitamo-nos a dizer que, a grosso modo, nas simulações temos *neurônios*, inibitórios e excitatórios com dinâmicas lineares e de limiar simples, funcionando como *detetores de coincidências* (Abeles). Um conjunto de neurônios disparando inicialmente em sincronia (em um meio inicial de valores de ativação randômicos), funciona como o *germe* que desencadeia o processo de *crystalização* das cadeias e tranças. Enfim, um parâmetro garantindo a evolução parcialmente aleatória de atividades, a “temperatura global positiva”, responde pela “atividade endógena” (Bienenstock & Doursat, 1991, p. 10). Nas simulações, não só a conectividade, inicialmente difusa e fraca, torna-se *focalizada* em um pequeno número de ligações fortes, mas também passa a existir uma evolução do sistema em termos de competição/cooperação neuronal. Ora, isto nada mais é que o “darwinismo neural” (Edelman, 1987) sobre o qual insistem as teorias neurobiológicas mais atuais sobre representações mentais.

Referências Bibliográficas

- ANDLER, D. Cognitives (Sciences). In: *Encyclopaedia Universalis*. Paris: Encyclopedia Universales France, 1990. v. 6, p. 65-74, 1990.
- BARLOW, H. B. Single units and sensation, a neuron doctrine for perceptual psychology?, *Perception*, v. 1, p. 371-94, 1972.
- BIENENSTOCK, E. Une approche topologique de l’objet mental. In: FOGELMAN, F.S. (Ed.), *Les théories de la complexité. Autour de l’œuvre de Henri Atlan*. Paris: Seuil, 1991a.
- BIENENSTOCK, E. Notes on the growth of a “Composition Machine” (contribution to the “Interdisciplinary Workshop on Compositionality in Cognition and Neural Models”, Abbaye de Royamont, 27 e 28 maio 1991b Manuscrito do autor.)

- BIENENSTOCK, E., DOURSAT, R. Regular spatio-temporal patterns in the brain, their ontogenetic development and possible role. In: *Compositional Cognitive Processes*, 1991 (Manuscrito do autor)
- CHANGEUX, J.-P. *O homem neuronal*. Lisboa: Dom Quixote, 1983. Tradução de: L'homme neuronal.
- CHANGEUX, J.-P., DEHAENE, S. Neuronal models of cognitive functions. *Cognition*, v. 33 , p. 63-109, 1989.
- CHURCHLAND, P. S. *Neurophilosophy: toward a unified science of the mind-brain*, Cambridge: MIT Press, 1986
- . Is neuroscience relevant to philosophy? *Canadian Journal of Philosophy*, v. 16, supl., 1990.
- CUMMINS, R. *Meaning and mental representation*. Cambridge: MIT Press, 1989.
- DREYFUS, H. *What computers can't do: a critique of artificial reason*. New York: Harper & Row, 1972 .
- ECO, U., SANTAMBROGLIO, M., VIOLI, P. (Eds.) *Meaning and mental representations*. Bloomington: Indiana University Press, 1988.
- ECKARDT, B. von. *What is cognitive science?* Cambridge: MIT Press, 1993.
- EDELMAN, G. *Neural darwinism: the theory of neuronal group selection*. New York: Basic Books, 1987.
- FETZER, J. H. Signs and minds, an introduction to the theory of semiotic systems. In: FETZER, J. (Ed.) *Aspects of artificial intelligence*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 133-161.
- . *Philosophy and cognitive science*. New York: Paragon House, 1993.
- FODOR, J., PYLYSHYN, Z. Connectionism and cognitive architecture, A critical analysis. *Cognition*, v. 28, p. 3-71, 1988.
- GARDNER, H. *The mind's new science: a history of the cognitive revolution*. New York: Basic Books, 1987.
- HEBB, D. *The organization of behavior: a neuro-psychological theory*. New York: Wiley, 1949.
- JORNA, R. J. An analysis of approaches to mental representation(s). *Semiotica*, v. 86, n. 1/2, p. 115-26, 1991.
- KOLINSKY, R., MORAIS, J. L'analyse de la cognition par la psychologie cognitive. In: MISSA, J. N. (Ed.) *Philosophie de l'esprit et sciences du cerveau*. Paris: Vrin, 1991.
- LAKOFF, G. *Women, fire and dangerous things: what categories reveal about the mind*. Chicago: University of Chicago Press, 1987.
- MATURANA, H. R. Biology of Cognition. IN: MATURANA, H. R., VARELA. F. *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*. Dordrecht: Reidel, 1980.
- MCULLOCH, W., PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v. 5, p. 115-33, 1943.

- PEIRCE, C. S. *The collected papers*. Cambridge: Harvard University Press, 1974. v. 1-6 editado por C. Hartshorne e P. Weiss, 1933-35; v. 7-8 editado por A. W. Burks, 1958
- PYLYSHYN, Z. *Computation and Cognition*. Cambridge: MIT Press, 1984.
- SEJNOWSKI, T. J., CHURCHLAND, P. S. Brain and Cognition. IN: POSNER, M. I. (Ed.) *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press, 1989.
- SEJNOWSKI, T. J., ROSENBERG, C. NETtalk, a parallel network that learns to read aloud. *Johns Hopkins University Technical Report*, n. 1, 1986.
- SERSON, B. A relevância de C. S. Peirce para as ciências cognitivas: os conceitos de “representação” e “inferência” e a “Semiótica”. *Manuscrito* (Campinas), v. 15, n. 2, p. 95-114, 1992.
- SERSON, B. Semiotics of connectionism and classical cognitivism from a Peircean standpoint. Proceedings of the 5th. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR SEMIOTIC STUDIES, 5. Berlin/New York: Mouton de Gruyter. (no prelo)
- . Semiotic and Cognitive Science: Peirce’s theory of representation and inference and the connectionism versus classical cognitivism debate. *Cadernos do Instituto de Estudos Avançados da USP*, série Ciência Cognitiva, n. 21.
- SIMON, H. A. Cognitive science: the newest science of the artificial. *Cognitive Science*, v. 4, p. 33-46, 1980.
- SMOLENSKY, P. On proper treatment of connectionism. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 11, n. 1, p. 3-31, 1988.
- VARELA, F. J. The science and technology of cognition: emergent directions. In: *Economics and Artificial Intelligence* (IFAC’s first international symposium). New York: Pergamon Press, 1987.
- . *Autonomie et connaissance: essai sur le vivant*. Paris: Seuil, 1989.
- WINOGRAD, T., FLORES, F. *Understanding computers and cognition*. Reading: Addison-Wesley, 1987.

