

## ESTATUTO BIOLÓGICO DO PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO MENTAL\*

Alfredo PEREIRA JÚNIOR\*\*

---

*RESUMO: Raciocinando no contexto do programa neomecanicista para a Biologia, estudamos a natureza do processamento de informação no sistema vivo em geral, e no cérebro humano em particular, onde uma aplicação do modelo da Auto-Organização nos conduz à hipótese do “Supercódigo”. Este seria um programa mental, molecularmente codificado, responsável pelas competências inatas, como a competência lingüística. Fazemos também uma comparação entre nossa hipótese e a da Linguagem do Pensamento, proposta por Jerry Fodor.*

*UNITERMOS: Informação na Biologia; linguagem do pensamento; competência lingüística; problema mente/cérebro; auto-organização; neomecanicismo.*

---

### 1. O NEOMECHANICISMO NA BIOLOGIA

Os “ismos” certamente não são criados pelos cientistas, mas pelos comentadores e historiadores da Ciência, quando tentam classificar a produção intelectual de uma época relativamente às posições teóricas assumidas frente a seus problemas mais relevantes. Apesar da utilização muitas vezes espúria, guardam os “ismos” um valor epistemológico, enquanto expressões dos *tipos de modelos teóricos* adotados pelos autores, em suas explicações dos fenômenos, reunindo traços comuns a diferentes esquemas propostos, sem necessitar entrar nos detalhes das formulações individuais, o que permite a formação de um panorama da evolução das idéias em uma certa área do pensamento.

No debate sobre a natureza da vida no Século XIX, os estudiosos se dividiram em dois grandes grupos, o mecanicista e o vitalista. Os primeiros supunham que os conceitos básicos e as leis da física newtoniana e seus desdobramentos (química, eletro-

---

\* Este artigo constitui uma versão ampliada de três comunicações apresentadas nas *XIV Jornada de Filosofia e Teoria das Ciências Humanas* da UNESP/Marília, no *Encontro Biologia e Filosofia* da UNESP/Botucatu, e no *Seminário Sistemas Auto-Organizados* do Centro de Lógica e Epistemologia da UNICAMP. Agradeço aos Profs. Drs. Romeu Guimarães, Maria Eunice Quilici Gonzales, Katsumasa Hoshino e Michel Debrun pelas críticas e sugestões apresentadas, especialmente ao Prof. Romeu, cujo trabalho científico forneceu a pista para nossa idéia central.

\*\* Departamento de Educação – Instituto de Biociências – UNESP – 18610 – Botucatu – SP.

magnetismo, teoria cinética) forneceriam o aparato suficiente para a explicação dos fenômenos biológicos, enquanto os seguintes negavam a suficiência de tal modelo, e se propunham a complementá-lo (ou substituí-lo) de uma “força” ou “energia” vital imaterial, que ordenaria e direcionaria os fatos biológicos.

Em nosso século, a evolução do pensamento biológico conduziu a uma nova oposição de modelos, entre reducionismo e organicismo. Desta vez, a partição do campo teórico admite importantes matizes, que podem conduzir à síntese, que seria o neomecanicismo. Ayala (1) propôs a conhecida distinção entre o *reducionismo ontológico*, que diz respeito à constituição dos sistemas vivos, afirmando que são constituídos exclusivamente de componentes não-vivos; e o *reducionismo epistemológico*, que diz respeito ao funcionamento destes sistemas, sustentando que suas leis e princípios operacionais são dedutíveis das leis e princípios físico-químicos. O *organicismo* se opõe antiteticamente ao reducionismo epistemológico, sustentando que as leis e princípios que regem o funcionamento do organismo vivo em sua totalidade não podem ser deduzidos dos que regem seus componentes elementares. Porém, o organicismo não é antitético para com o reducionismo ontológico, pois é admissível que os componentes não-vivos que constituem o sistema estejam organizados de forma tal que, embora não incluindo a negação de nenhuma das leis e princípios físico-químicos, não seja deles dedutível, o que, evidentemente, implicaria a incompletude lógica do conjunto das teorias físicas – que não é uma novidade – ou a impossibilidade de tradução dos conceitos fundamentais da biologia para a linguagem físico-química que também é altamente plausível. Em que consistiria o acréscimo organizacional? Uma explicação foi procurada na Cibernética e na Teoria da Informação, dando origem ao neomecanicismo, que se propõe justamente a dar conta da forma de organização e do comportamento complexo dos sistemas vivos, em termos da atividade de mecanismos cibernéticos de controle e de mecanismos de armazenagem e processamento de informação. A abordagem cibernética contou com o trabalho de Bertalanffy, em 1956, desenvolveu-se na década de 60 no Biological Computer Laboratory de von Foerster e deu origem aos modelos de redes neurais, hoje amplamente utilizados. A abordagem informacional iniciou-se com a utilização de noções emprestadas da Teoria da Informação em pesquisas de Genética Molecular, e veio a se ampliar através dos estudos cognitivistas, na Ciência do Comportamento e na própria Psicologia. A distinção entre as duas abordagens não ressalta diretamente da prática científica, onde frequentemente são adotadas simultaneamente, mas resulta de uma diferença de modelos: na abordagem informacional postula-se a existência de estruturas armazenadoras de informação, cuja leitura determinaria a ontogênese, o metabolismo e/ou o comportamento do organismo, enquanto na abordagem cibernética supõe-se que os mecanismos de controle dos processos físico-químicos seriam suficientes para dar conta destes fenômenos.

Deve-se também distinguir o tipo de explicação oferecida pelo neomecanicismo dos tipos de explicação oferecidos pela teoria evolucionista. Por exemplo, à pergunta: “porque um animal X tem um padrão de comportamento Y frente a um tipo de situação Z?”, o neomecanicista responde que é porque Y faz parte de um programa

informacional que o animal possui no seu centro de comando de ação, enquanto a teoria evolucionista daria um outro tipo de resposta, a saber, que ele tem o padrão Y devido a seu valor adaptativo na história da espécie. Na verdade, o que o evolucionista explica é porque o animal tem tal programa informacional e não outro; neste sentido, os dois tipos de explicação tornam-se complementares e não concorrentes. Para alguns autores, entretanto, o neomecanicismo se apresenta como um rival da teoria (neo)darwiniana da evolução. Um dos pilares desta teoria, a aleatoriedade das mutações, foi consistentemente atacado por partidários de modelos neomecanicistas (12, 13). As mutações, na nova hipótese, seriam determinadas por um processo de auto-organização do sistema genético, tendo-se como consequência que o processo evolutivo, em sua totalidade, seria indiretamente direcionado ou, ao menos, condicionado (em um grau maior que até então cogitado) pelos processos moleculares. O segundo pilar do darwinismo, envolvendo a noção de *aptidão* em um determinado ambiente, necessitaria de um modelo cibernético-informacional do ecossistema (talvez obtível a partir da Teoria dos Jogos) para ser encampado pelo neomecanicismo.

O entendimento filosófico das implicações conceituais do modelo neomecanicista passa pela elucidação de noções como “auto-organização” e “informação”, o que nos permitiria avaliar se ele efetivamente se harmoniza com o organicismo, ou se aponta para uma retomada das propostas de reducionismo epistemológico (e.g., fisicalismo), através da redução dos modelos cibernético-informacionais à físico-química. A dificuldade em se promover tal elucidação se deve ao fato de que a própria físico-química, desenvolvendo-se em áreas de interesse biológico, como a Termodinâmica dos Processos Irreversíveis de Prigogine (20), também veio a utilizar tais noções, tomando-as como primitivas nos seus modelos. Portanto, nossa utilização destas noções, no que se segue, é ainda tributária da ambigüidade de significação de que sofrem, motivo pelo qual tentaremos ser precisos, a respeito do seu uso na biologia.

## 2. AS INTERAÇÕES ALOSTÉRICAS COMO MODELO GERAL DO PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO NA BIOLOGIA

O advento da genética molecular contribuiu tanto para o entendimento da natureza do sistema vivo quanto para o conhecimento de seus princípios de funcionamento. A descoberta da estrutura físico-química do material genético, do processo de produção de proteínas e do papel regulador das mesmas no metabolismo veio a fornecer os mecanismos básicos para o entendimento da organização biológica, e, por outro lado, a noção de “código”, antes restrita ao estudo do genótipo e agora ampliada para o estudo dos diversos processos de interação molecular no sistema vivo (11), permite a formulação das regras de funcionamento, as quais, embora não tenham o grau de generalidade das leis físicas, permitem lidar com as diferentes formas de processos moleculares que ocorrem em cada espécie, servindo, inclusive, para determinar a variabilidade destas, e para traçar linhas de familiaridade filogenética (11). Como se sabe, a idéia básica foi a de associar letras aos radicais dos ácidos nucléicos, e “palavras” (codons) às seqüências de radicais que têm um papel significativo na síntese

de proteínas. O passo seguinte está sendo o de estender o método de associação de letras e “sentenças” aos processos de interação molecular, procurando, através de técnicas lingüísticas, decifrar a “gramática” (conjunto de regras) de formação das “sentenças”. Apontam, então, os biólogos moleculares, com a interessante perspectiva de explicação de traços morfológicos e fisiológicos com base em uma “lingüística” molecular.

Apesar da proficuidade de tal “importação” metodológica, é preciso ter cuidado ao se avaliar o significado filosófico destas descobertas científicas. Por um lado, ainda é cedo para se fazer inferências de maior alcance, pois do “vocabulário” molecular humano, por exemplo, não se conhece atualmente mais que 5%; de outro lado, mesmo que se faça um levantamento exaustivo dos conjuntos de regras específicos de cada forma de organização biológica, não se pode propriamente chamar estas codificações moleculares de uma *linguagem*. As técnicas lingüísticas utilizadas pelos biólogos se originaram do estudo da linguagem comunicativa humana, que possui características distintas das codificações moleculares, a saber, é constituída por um conjunto de *signos*, cuja relação com seus significados é freqüentemente de caráter *convencional*. Para que um código seja uma linguagem, além de possuir regularidades codificáveis, precisa também ter a propriedade de (ou ser usado para) elaborar *representações*, ou seja, expressar uma entidade ontologicamente diferente. O sucesso da aplicação das técnicas lingüísticas ao estudo das codificações moleculares deve-se apenas à existência de regularidades codificáveis naquela, pois remonta a completo absurdo dizer que as estruturas moleculares “representam” alguma coisa.

Já o uso das noções de *informação* e de *código*, pela genética molecular, embora também apresente importantes diferenças com relação a seu uso no contexto da comunicação humana, seria perfeitamente apropriado, pelas razões que apontaremos a seguir. Ser “informativo” é uma propriedade relacional, pois supõe, a cada momento, a existência de dois seres, aquele que “carrega” a informação e aquele que a “lê”. Não é necessário, contudo, atribuir um sentido antropomórfico à noção de “leitura”: o leitor não precisa ser um ser consciente (ou autoconsciente), basta que seja um transdutor fidedigno (Nota A).

Nos processos moleculares biológicos, existe uma impressionante semelhança entre o modelo de transmissão de informação da Teoria da Informação e o modelo de interação alostérica proposto por Monod, Jacob e Changeux, em 1963 (16), o que nos permite falar de “processamento de informação” em nível molecular, nos seres vivos, em um sentido não-metafórico. O modelo geral de interação molecular dos autores acima seria uma *instância* do modelo, ainda mais geral, da Teoria da Informação.

O modelo de Monod, Jacob e Changeux se baseia nas propriedades estereoespecíficas das proteínas (propriedades de discriminação de reagentes e seletividade dos produtos das reações bioquímicas), em particular nas propriedades biologicamente funcionais das proteínas alostéricas. Estas são proteínas que contêm 2 ou mais sítios ativos; quando são ativados (Fig. 1), um dos sítios se liga com o chamado efetor

alostérico, provocando uma alteração conformacional (F1) em outro sítio, o qual, por sua vez, controla uma função biológica (F2). A função biológica consiste no controle do “sistema regulado” (aquilo sobre o que atua o *output*) pelo efector, por intermédio do receptor (a proteína alostérica). O sistema regulado, no caso de regulação gênica, seria o DNA do gene regulado, e, no caso de regulação metabólica, seria o substrato da enzima alostérica. O efector pode ser, respectivamente, o RNA do gene regulador ou um metabolito do substrato. Existem diversos mecanismos mais complexos, dos quais tal relação é a unidade elementar (15).

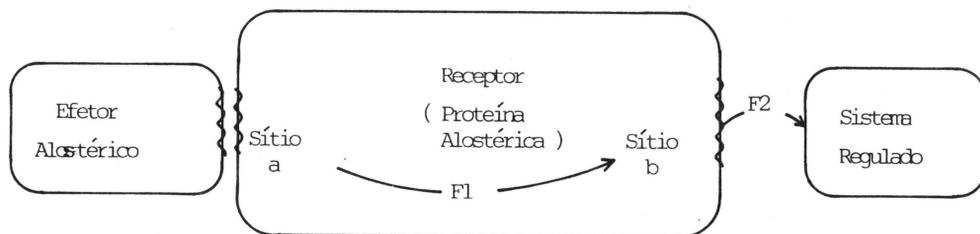


FIG. 1

As interações moleculares alostéricas têm características que nos permitem identificá-las como um genuíno processo de transmissão de informação:

- a) uma parte da superfície do efector interage com uma parte da superfície do receptor (sítio a);
- b) o efector não é modificado pela interação com o receptor, mas ocorre, devido ao contato superficial, uma alteração M em outra parte de receptor (sítio b);
- c) o contato superficial do efector com o receptor, no sítio a, é condição suficiente para a ocorrência de M no sítio b, isto é, M está em função da microestrutura da parte da superfície do efector que age sobre o receptor;
- d) a ocorrência de M no receptor aumenta a probabilidade da presença do efector em contato com o receptor. Temos os seguintes casos:
  - d.1.  $P = 0$  : O receptor poderia obter M sem contato com um efector (não há relação informacional);
  - d.2.  $0 < P < 1$  : o receptor necessita de um efector para atingir M, mas outros efetores podem desempenhar o mesmo papel;
  - d.3.  $P = 1$  : apenas um dado efector pode gerar M no receptor.

Quando ocorre tal tipo de relação, podemos dizer que houve *transmissão de informação do efector para o receptor*, e que o controle das atividades do sistema regulado, por parte do receptor, está *em função da informação contida na microestrutura do efector* que entra em contato com um sítio do receptor. O *código* constitui-se das ordenações moleculares diferenciais existentes na microestrutura da superfície dos efetores e nos sítios dos receptores. Através de seqüência de relações diádicas do tipo acima, constituem-se os processamentos de informação a que se creditam as funções e a organização biológicas.

### 3. PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO NO SISTEMA NERVOSO

#### 3.1 *Relação com o Problema Mente/Cérebro*

A existência de operações mentais, inferidas do comportamento complexo de seus agentes (Nota B), conduz à hipótese da existência de um processamento de informação de tipo especial no sistema nervoso. Em que medida a complexidade do *output* comportamental determina a existência de uma versão sofisticada do modelo geral de processamento de informação nos sistemas vivos? E em que consistiria tal sofisticação? Estas indagações nos remetem para a intrincada discussão do assim chamado “problema mente/cérebro”.

A formulação do problema remonta ao dualismo cartesiano entre “coisa extensa” e “coisa pensante”. De uma perspectiva filosófica espiritualista, é bom lembrar, tal dualismo é definitivo, pois expressa a independência do “espírito” frente à matéria. Muitos filósofos, como se sabe, mesmo não adotando a perspectiva espiritualista, aceitaram o dualismo como procedimento metodológico, vindo a defender que as vias para o conhecimento da mente são distintas das vias para o conhecimento das coisas corpóreas, e que as tentativas de unificação conceitual nesta área estariam fadadas ao fracasso. Notamos, entretanto, entre filósofos contemporâneos, uma corrente disposta a enfrentar o desafio, auxiliada pelos recentes desenvolvimentos na biologia e nas tecnologias computacionais.

As propostas de avanço no estudo do problema cérebro/mente se agrupam em duas grandes estratégias complementares: a primeira, “de cima para baixo”, procura definir, com o máximo de clareza e rigor, os conceitos e funções psicológicos fundamentais, e fazer hipóteses sobre as estruturas subjacentes nas quais tais funções se assentam; não exclui o uso do método introspectivo, porém não o julga suficiente, devendo ser operado conjuntamente com modelos computacionais, nos quais se possam formular as hipóteses teóricas julgadas necessárias. A segunda estratégia, “de baixo para cima”, procura, partindo das teorias neurofisiológicas, relacionar estados mentais com atividades de certas regiões cerebrais, e funções mentais com funções cerebrais.

Como seria de se esperar, existem aquelas correntes que apostam na dominação de uma das duas estratégias: os materialistas reducionistas, que pretendem redefinir os conceitos e funções psicológicos em termos fisicalistas, e os idealistas subjetivistas, que acreditam que os “dados” obtidos por introspecção ou pelo estudo da comunicação interpessoal são, em algum sentido, mais fundamentais que as teorias científicas, e que, ao fim e ao cabo, teríamos que introduzir alguma espécie de inteligência na natureza para conseguirmos promover a desejada unidade conceitual. A postura que parece ser mais promissora é a de que os resultados obtidos por ambas as estratégias poderão se somar em um estágio intermediário de confluência, envolvendo justamente a noção de “processamento biológico de informação”. A proposta neomecanicista se inseriria no ponto intermediário de confluência das duas abordagens, colocando-se, basicamente, duas questões: a) como ocorre o processamento de informação mental no sistema nervoso?; b) como se explicam os comportamentos complexos (e.g.,

comportamentos humanos, como uso significativo de linguagem, etc.) através do concurso de tal processamento de informação? No presente artigo, tentaremos sugerir um esboço de resposta para a primeira questão, deixando algumas idéias para a segunda em um outro trabalho (18).

Uma das maiores dificuldades, na estratégia “de cima para baixo”, está em se definir com alguma precisão (e consenso) o que seria o “pensamento”, a “consciência” ou a “intencionalidade”. Um atalho em direção ao estágio intermediário se encontraria na lingüística chomskyana, onde é feita referência explícita a fatores biológicos (inatismo) na explicação do desempenho dos agentes. Ora, só é transmitido hereditariamente aquilo que está contido no genótipo, ou que se desenvolve a partir de algo nele contido; existe, portanto, um vínculo, ainda que obscuro, entre desempenho lingüístico e informação (genética). Uma objeção a esta hipótese seria a de que o genótipo e a competência lingüística são de natureza radicalmente distintas: o primeiro “não passa de” uma estrutura física, e a segunda supõe a existência de um ser consciente, que usa racionalmente as regras gramaticais. Responder a esta objeção, mostrando a continuidade entre informação molecular e desempenho lingüístico, seria um passo promissor no seio desta estratégia, independentemente da elucidação dos conceitos mais intrincados (evidentemente, tal passo não poderá depender do uso destes conceitos).

Ao se relacionar genótipo e atividade mental, não se pode deixar de citar as hipóteses levantadas pelos “sociobiologistas”, em particular, Wilson e Lumsden (14), que chamaram a atenção para o condicionamento genético da atividade mental. Haveria uma relação, de tipo determinístico, entre genótipo e cérebro humanos, através de regras epigenéticas; a conformação cerebral obtida em um indivíduo tornaria um conjunto das respostas possíveis (frente aos estímulos do ambiente) mais provável que as demais, favorecendo certos tipos de comportamento. O papel relevante do comportamento molecular estaria então apenas em nível morfogenético, não lhe sendo atribuído novos papéis no contexto das atividades regulares do cérebro desenvolvido, exceto, obviamente, o de servir de suporte para as atividades fisiológicas. Uma outra tentativa de se mostrar o papel da informação molecular na determinação do comportamento foi feita por Rosenblatt (21), que argumentou que, dado que o estabelecimento das sinapses depende da atividade dos neurotransmissores, e dado que estes são sensíveis à informação molecular, a via para a determinação molecular do comportamento seria a da estimulação e repressão da atividade dos neurotransmissores. Porém, o tipo de modelo utilizado na neurofisiologia, constituído por um conjunto numeroso de neurônios, formando um sistema cujo *output* é determinado, *exclusivamente*, pelos tipos de conexões estabelecidas entre eles, deixa pouco ou nenhum espaço para a determinação do *output* pela informação molecular. Este modelo pressupõe que o conteúdo informacional processado é todo ele *originário da percepção*, e que cabe à maquinaria neuronal apenas operar com esta informação. Conseqüentemente, mesmo em suas versões mais sofisticadas, como as máquinas neoconexionistas, este modelo consegue apenas explicar a formação de “representações”, em um sentido especial desta palavra (reprodução de formas correlacionadas com um objeto-matriz

que é a fonte da informação). Se introduzirmos neste modelo, como iremos propor, conteúdos informacionais *endógenos*, gerados pela leitura da informação codificada no genótipo ou – o que será o caso – em estruturas moleculares informacionalmente mais ricas, geradas a partir da multiplicação não-redundante da informação genética, talvez possamos dar conta de desempenhos comportamentais que são sabidamente não-aprendidos – como se supõe ser o caso da competência lingüística. Nesta segunda hipótese, ocorre um enfraquecimento da analogia entre cérebro e computador, pois no cérebro cada neurônio é uma unidade, relativamente independente, de leitura de informação e regulação do sistema, ao passo que os computadores têm uma única ou um pequeno número de memórias constitutivas (isto é, programas que fazem parte da máquina (2)) e de centros de leitura desta memória.

### 3.2 *Auto-Organização e a Hipótese do “Supercódigo”*

A noção de Auto-Organização (19) nos dá uma chave para entender a continuidade entre os mecanismos biológicos elementares de processamento de informação, ilustrados no modelo de Monod-Jacob-Changeux, e o processamento de informação mental no cérebro. A diferença de sofisticação entre ambos se deveria a que o primeiro constitui o primeiro estágio, e o segundo o último, em um processo de auto-organização que ocorre nos sistemas vivos.

O material genético, que é a estrutura-matriz na constituição dos sistemas vivos, não se lê a si mesmo, mas possui a capacidade de induzir a formação de estruturas leitoras que lêem, ou ainda de ser lido por estruturas não geradas por ele. Chama-se atualmente de *sistema genético* ao conjunto formado pelo material genético e sua estrutura leitora. Este sistema é auto-organizado, não só no sentido em que é produto de uma estrutura que permanece invariante e é transmitida hereditariamente, mas especialmente no sentido em que lê a estrutura-matriz e controla sua atividade em conformidade com os produtos da leitura. Estes produtos, por sua vez, podem ser novamente lidos, em um novo estágio de auto-organização. A invariância da estrutura-matriz não constitui o ponto relevante para a auto-organização, mas sim a regulação das operações do sistema de acordo com a autoleitura. “Auto-Organização” significaria aqui, portanto, conjunção de autoleitura e auto-regulação, e neste sentido os sistemas vivos seriam o modelo mais perfeito de um sistema auto-organizado.

A multiplicação celular e a formação dos tecidos e órgãos é um processo no qual o sistema genético lê a informação do DNA e, em conformidade com ela, dirige e controla a morfogênese (22). À medida em que o organismo se constitui, formam-se os sistemas orgânicos que, como no caso do sistema imune, são regulados por proteínas mais complexas em reatividade e potencialmente mais diversificadas que o DNA que as produziu. As evidências são de que o processo de produção de proteínas não é determinístico (1 segmento de DNA – 1 proteína), o que reforça a hipótese de que o código protéico carrega maior quantidade de informação que sua estrutura-matriz. Um mesmo segmento de DNA pode ser objeto de diferentes leituras, e os produtos de cada leitura também podem ser lidos de mais de uma maneira (17). Este mecanismo permite que – às custas de um consumo de energia externa – ocorra um aumento

endógeno da quantidade de informação, através da qual são controladas as funções orgânicas; como uma quantidade maior de informação não-redundante possibilita um maior repertório comportamental, abre-se então uma via de continuidade entre informação genética e comportamento, assim como uma possibilidade (talvez a única) de se entender como podem ocorrer comportamentos inatos com alto grau de complexidade.

No caso do sistema nervoso, o processo de auto-organização atinge ainda um novo estágio de recorrência, e é tal característica que lhe confere suas propriedades peculiares. O altíssimo nível de interação eletroquímica faz com que a rede neuronal aja como uma totalidade, conectando regiões relativamente distantes, do ponto de vista molecular. Esta rede funciona como mecanismo processador de informação, a qual tem duas origens: externa, através da percepção, e endógena, através da leitura de macromoléculas ricas em informação – que chamaremos de *supercódigo*, para diferenciá-las do relativamente simples código genético. O supercódigo seria, segundo nossa hipótese, lido pelos neurônios, constituindo um dos *inputs* informacionais à rede neuronal, responsável pelos programas comportamentais complexos, inatos ou de base inata.

Distinguiríamos, portanto, nos sistemas vivos, quatro estágios típicos de auto-organização:

- a) citológico: leitura do DNA e produção de proteínas;
- b) morfogênético: leitura das proteínas e produção dos tecidos, órgãos e sistemas orgânicos;
- c) fisiológico: leitura das proteínas e regulação do metabolismo;
- d) neuronal: leitura das proteínas e produção de respostas comportamentais.

O papel da informação molecular no processamento de informações do sistema nervoso pode ser melhor visualizado através do seguinte modelo, de natureza analógica, e super-simplificado (representa apenas o mecanismo básico, que teria milhares de instâncias, em um sistema real):

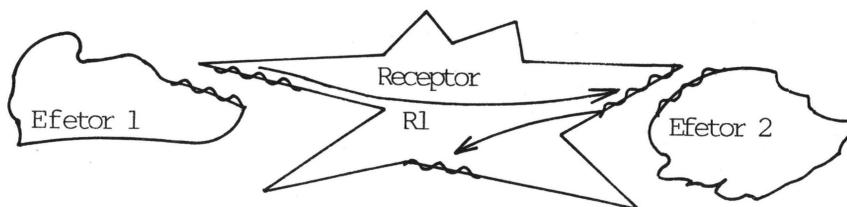


FIG. 2

Consideramos cada neurônio como desempenhando o papel de um receptor alostérico. O efetor 1 é um transdutor da informação de origem externa, que interage com o receptor, produzindo a resposta 1, uma reação alostérica em outro sítio do receptor. Este sítio, por sua vez, interage com o efetor 2, que é um transdutor da informação endógena, gerando a resposta 2, que determinará a resposta comportamental do sistema.

Assim, para cada *input* de informação externa, o sistema lê a informação endógena para dar o *output* comportamental; conseqüentemente, trata-se de um processo de auto-organização, porque o comportamento é regulado de acordo com a leitura da informação endógena. O estímulo externo é apenas o argumento, e não o determinante das funções comportamentais.

Dada a hipótese acima, não podemos mais fazer objeções ao caráter inato de um comportamento com base em sua complexidade. Não existe, *a priori*, um limite para a complexidade dos comportamentos inatos. Conseqüentemente, deixa de existir um obstáculo teórico à explicação biológica dos comportamentos humanos; a inadequação ou não destas explicações, a cada caso considerado, é uma questão empírica. No caso de comportamentos, cujas evidências apontam no sentido de um determinante biológico, não há porque deixar de explicá-los com base na hipótese acima. Na explicação da competência lingüística, existem duas incógnitas: como se processa a ordenação sintática dos signos, e como se processa a atribuição de significado às sentenças sintaticamente ordenadas. Começemos pela primeira, pois a solução para a segunda supõe a da primeira (e não vice-versa, pois podemos conceber sentenças sem significado, mas não significados sem sentenças). As regras da gramática chomskyana podem ser compreendidas como *outputs* de um programa computacional mental, codificado molecularmente no supercódigo. Deve-se deixar claro que as regras gramaticais não são *as regras do programa*, e sim *os outputs* do mesmo, que ordenam sintaticamente instâncias dos signos. Evidentemente, a ordenação sintática não pode ser derivada da percepção dos sinais físicos; estes são ordenados apenas posicionalmente (posições dos sinais no espaço e no tempo, e relações espaço-temporais deles entre si). A ordem lógica é processada pelo sistema nervoso, fazendo uso da informação endógena. Ao conjunto de codificações moleculares, especificamente responsáveis pelo ordenamento sintático, chamamos de *programa lingüístico*. Não será impossível, ao se “decifrar” as codificações moleculares complexas, encontrar as “sentenças moleculares” associadas com tal função. Tais sentenças poderiam ser alinhadas como em um sistema axiomático. Isto, contudo, mal passará de uma analogia com a formalização da gramática feita pelos lingüistas; tratar-se-á, na verdade, de uma *explicação biológica* da competência lingüística.

Uma análise da atribuição de significado, mesmo que apenas em nível das funções biológicas envolvidas, nos colocaria defronte de uma série de problemas da filosofia da linguagem, a começar pela própria concepção de “significado” a ser adotada. Necessitamos apenas citar a possibilidade de que os significados sejam informacionalmente codificados, e que o mecanismo de sua atribuição a sentenças previamente construídas (ou o mecanismo de construção de sentenças que expressem determinado significado, no caso do falante) também poderá ser melhor entendido com base nas possibilidades de armazenamento e processamento de informação que levantamos. Se uma abordagem deste tipo vier a ter sucesso, uma das conseqüências que dela poderemos extrair é que os significados, tendo como suporte a informação endógena, não têm primariamente funções de representação de objetos externos ao sistema nervoso, ou mesmo de representações de representações, isto é, representações de sentenças.

Sua função primária seria a de controlar funções biologicamente úteis, podendo elaborar representações, se esta atividade for biologicamente útil. Assim, os conteúdos informacionais endógenos, hereditariamente transmitidos, mantêm uma relação de adequação com o mundo exterior, mas apenas na medida em que esta adequação foi biologicamente útil para a sobrevivência da espécie ou da variedade. Desta forma, o realismo epistemológico não precisa ser imposto de saída, “por decreto”, na teoria cognitiva; mesmo partindo de um descolamento entre mente e natureza (externa), a possibilidade de representações fidedignas da realidade não são eliminadas.

#### 4. COMPARAÇÃO COM A HIPÓTESE DA “LINGUAGEM DO PENSAMENTO”

Nossa hipótese do supercódigo foi pensada, no contexto biológico, como explicação neomecanicista da possibilidade de comportamento inato complexo e específico, incluindo aí comportamentos humanos, como se supõe ser o caso da competência lingüística. Partindo do mesmo problema, na lingüística, e de sua possível abordagem pela psicologia cognitivista, Fodor propôs, em 1975 a hipótese da “linguagem do pensamento”, que apresenta aspectos de familiaridade e dissemelhança com a nossa.

Fodor mostrou, inicialmente, a insuficiência das abordagens reducionistas, behaviorismo e fisicalismo, para dar uma explicação satisfatória dos casos de comportamento complexo, em que um organismo parece “computar” suas respostas. Tais “processos cognitivos” envolvem decisões e cálculos pelo organismo, sendo que a existência destes processos é inferida pela análise das relações entre os fatos do ambiente e o comportamento do organismo nele. Usando estas premissas, ele argumentou que “uma computação pressupõe um meio de computação: um sistema representacional” (3). Para caracterizar a natureza do sistema de representações, faz referência a um modelo comportamental no qual um “agente” se encontra em determinada situação, “acredita” (*believes*) que possui um certo conjunto de alternativas comportamentais, computa uma série de condicionais, associando a cada alternativa uma certa probabilidade, e atribui uma ordem de preferência às conseqüências possíveis da ação (4). Conseqüentemente, os agentes teriam “meios de representar seus comportamentos para si mesmos ... meios para representar seus comportamentos como tendo certas propriedades e não tendo outras” (5), pois, “de acordo com o modelo, a tomada de decisão é um processo computacional; a ação que o agente performa é a conseqüência de computações definidas sobre representações de possíveis ações”. Então, conclui ele, “o modelo pressupõe uma linguagem ... o sistema representacional adotado ... compartilha um número de notas características das linguagens reais” (6).

Três das razões apontadas por Fodor, em favor do *status* de linguagem atribuído ao sistema de representações, são as seguintes: a) processos cognitivos como ação direcionada, aprendizagem de conceitos e integração perceptiva ocorrem em crianças em idade pré-verbal e em organismos “infrahumanos”(sic); como o sistema representacional por eles utilizado não é a linguagem natural (pública), então fazem uso de uma outra linguagem (privada) (7); b) uma análise dos computadores revela que eles

fazem uso de duas linguagens: aquela na qual se “comunicam” com seu ambiente, e a linguagem da máquina, através da qual fazem as computações, sendo que os compiladores fazem a tradução entre as linguagens (8); c) a razão mais incisiva, que traria “evidência lingüística” para a hipótese, seria que, se o código interno especifica as mensagens comunicadas através da linguagem natural, então “os fatos sobre a linguagem e os processos lingüísticos fazem restrições sobre as teorias a respeito das mensagens ... fazem restrições sobre fórmulas na linguagem do pensamento ... (pois) mensagens *devem* ser fórmulas na linguagem do pensamento, isto é, devem ser fórmulas em qualquer sistema representacional que constitua um domínio para as operações cognitivas que se aplicam, entre outros casos, à informação transportada lingüisticamente” (9).

Existem dois pontos importantes em comum, entre nossa hipótese e a de Fodor. Primeiramente, ambas fazem referência essencial a um elemento estrutural (um “código interno”) na explicação dos processos cognitivos, fato que as diferencia de outras correntes, como a gibsoniana e a conexionista. Quanto aos gibsonianos (10), haveria uma discordância relativa à existência de um mecanismo de processamento de informação (com conteúdos informacionais endógenos) *no organismo*, separadamente do ambiente; quanto aos conexionistas, a discordância se daria com relação à essencialidade do elemento estrutural, que poderia ser deixado em segundo plano, frente às explicações funcionais (Nota C). Em segundo lugar, ambas enfatizam a importância do comportamento inato (Nota D).

Nossas divergências frente a Fodor se fundam em aparentes incorreções de seus argumentos em favor da linguagem do pensamento. Não parece certo afirmar que não pode haver computação sem representação; o que é requerido para haver computação é *informação*, enquanto a noção de “representação” está carregada de significados filosóficos dispensáveis à computação. Na analogia entre processos cognitivos e computação, não seria adequado afirmar a existência de uma “linguagem da máquina”, pois aquilo de que se trata é do conjunto de *estados e operações físicos da máquina*, que são correlacionados com a linguagem do *input/output* (linguagem humana), através do compilador; no caso dos processos cognitivos em sistemas vivos, inexistiria igualmente uma “linguagem do pensamento”, mas apenas um código molecular, cujas seqüências são emparelhadas com operações na linguagem natural, na *performance* lingüística.

O modelo de comportamento utilizado por Fodor só se aplica ao comportamento humano; os seres humanos podem realizar todas as operações descritas, e é justamente por isso que “pensam”. Pensar requer o uso da linguagem pública, a única de que dispõem, e na qual podem ser “representadas” as ações, as probabilidades, etc. Nos animais não há pensamento, e sim processamento de informação no sistema nervoso, conduzindo a uma resposta comportamental. Para tal, necessitam apenas de codificações moleculares (supercódigo) e um sistema processador (rede neuronal). Crianças em estágio pré-verbal possuem apenas rudimentos de pensamento, justamente porque seu domínio da linguagem (pública) é ainda rudimentar. Portanto, nem sempre “processamento mental de informação” é sinônimo de “pensamento”.

O cerne de nossa divergência com Fodor está na possibilidade da codificação molecular dar conta dos aspectos inatos da sintaxe e da semântica, sem se constituir em uma linguagem representativa. Em nossa proposta, o supercódigo comporta, para os seres humanos e apenas para estes, um conjunto de instruções sobre ordenamento sintático (*o programa lingüístico*) e um conjunto de *codificações de significados*, que são lidos e associados com sentenças da linguagem natural, sendo que o mecanismo de associação (o “compilador”) está em nível da rede neuronal, que processa a informação de origem externa e endógena, e decide as associações entre significantes e significados a serem feitas. Na hipótese da linguagem do pensamento de Fodor, a entidade usada na explicação (linguagem do pensamento) reproduz as características da entidade a ser explicada, contendo um conjunto de signos e de regras sintáticas, que novamente precisariam ser elucidados. Apenas as questões sobre o significado de suas “fórmulas” Fodor poderia considerar sem sentido. Mas, mesmo com este pequeno ganho explicativo, a proposta não deixa de ser inflacionária. Na estratégia “de cima para baixo”, temos que, em algum ponto, deitar raízes no solo, que é a biologia. Coloca-se, então, um dilema para Fodor: ou a linguagem do pensamento se identifica com as estruturas e operações moleculares, e, neste caso, torna-se dispensável, ou sem sentido, falar-se de uma outra *linguagem* (incluindo uma segunda sintaxe, distinta da “sintaxe” molecular, etc.); ou a linguagem do pensamento é realmente uma linguagem, e, nesse caso, implica, além de uma sintaxe, também na distinção entre significante e significado. Mas a segunda alternativa é inconsistente, pois, se a linguagem do pensamento é o último termo da cadeia semântica, não existindo uma nova metalinguagem, através da qual se façam atribuições de significado a ela, então suas fórmulas não são “significantes”. Por outro lado, se supusermos que suas fórmulas são significantes, e que seus significados são, como é indicado no modelo de comportamento proposto, as ações do agente, então poderíamos atribuir estes significados diretamente às sentenças de linguagem natural, sem a necessidade do elo mediador, que seria a linguagem do pensamento. Mas se, em outra hipótese, o significado fosse não as ações, mas as estruturas biológicas responsáveis pelo comando das ações, então os significados das sentenças da linguagem natural corresponderiam a informações codificadas no supercódigo, e a linguagem do pensamento seria novamente supérflua.

Nas diversas possibilidades de interpretação da hipótese da linguagem do pensamento proposta por Fodor, observamos que, apesar da relevância dos problemas a que ela se propõe responder, esta hipótese conduz a várias complicações, que se tornam desnecessárias, quando temos outra hipótese que, aparentemente, dá conta dos mesmos fenômenos, e abrevia o caminho a ser seguido na estratégia “de cima para baixo”. Supondo-se que a última hipótese seja biologicamente viável, poderá promover não só um desejável enxugamento conceitual, como também fornecer novas alternativas de experimentação, no contexto dos estudos cognitivos.

## NOTAS

- A – Uma tentativa de desantropomorfização da noção de transmissão de informação foi feita por Fred Dretske, em Dretske, F. *Knowledge and the flow of information*. Cambridge: MIT Press, 1981.
- B – Tal inferência é defendida por Jerry Fodor em Fodor, J. The persistence of the attitudes. In: \_\_\_\_\_ . *Psychosemantics: the problem of meaning in the philosophy of mind*. Cambridge: MIT Press, 1987. cap. 1.
- C – Uma defesa do elemento estrutural, em um debate com os conexionistas, encontra-se em Fodor, J. Why there still has to be a language of thought. In: \_\_\_\_\_ . *Psychosemantics: the problem of meaning in the philosophy of mind*. Cambridge: MIT Press, 1987.
- D – Em sua defesa do inatismo, no epílogo de *Psychosemantics*, Fodor não dá qualquer indicação a respeito das bases biológicas das competências inatas; pelo contrário, apela para metáforas pouco esclarecedoras.

PEREIRA JÚNIOR, A. The biological nature of the mental information-processing. *Trans/Form/Ação*, São Paulo, v. 14, p. 139-153, 1991.

*ABSTRACT: The nature of mental information-processing is studied in the context of the neo-mechanicist program for Biology, from the general form of information-processing in living systems, allosteric interactions, to information-processing in human brain. An instantiation of the self-organizing systems model is suggested, which leads to the hypothesis of the "supercodé". This is a mental program, molecularly codified, responsible for, inter alia, linguistic competence. A comparison is done between this hypothesis and Jerry Fodor's "language of thought".*

*KEYWORDS: Information in biology; language of thought; linguistic competence; the mind-brain problem; self-organization; new-mechanicism.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AYALA, F. J. Introduction In: AYALA, F., DOBZHANSKY, T. *Studies in the philosophy of biology: reduction and related problems*. London: Macmillan, 1974.
2. DAWKINS, R. *The blind watchmaker*. Essex: Longman, 1986.
3. FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p. 27.
4. FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p. 28.
5. FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p. 30.
6. FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p. 31.
7. FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p. 56-57.

*Trans/Form/Ação*, São Paulo, v. 14, p. 139-153, 1991.

8. FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p. 65-66.
9. FODOR, J. *The language of thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1975. p. 110-115.
10. GREENE, M. Perception, interpretation and the sciences: toward a new philosophy of science. In: DEPEW, D. J., WEBER, B. H. *Evolution at a crossroads: the new biology and the new philosophy of science*. Cambridge: MIT Press, 1986.
11. GUIMARÃES, R. C. Lingüística de interações moleculares. *Trans/Form/Ação*, São Paulo, v. 14, p. 123-138, 1991.
12. HO, M. W., SAUNDERS, P. T. Evolution: natural selection or self-organization? In: KILMISTER, C. W. – *Disequilibrium and self-organization*. Dordrecht: D. Reidel, 1986.
13. KAUFFMAN, S. A. Self-organization, selective adaptation and its limits: a new pattern of inference in evolution and development. In: DEPEW, D. J., WEBER, B. H. – *Evolution at crossroads: the new biology and the new philosophy of science*. Cambridge: MIT Press, 1986.
14. LUMSDEN, C. J., WILSON, E. O. *Genes, mind and culture: the coevolutionary process*. Cambridge: Harvard University Press, 1981. cap. 1 e 2.
15. MONOD, J. *O acaso e a necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna*. Rio de Janeiro: Vozes, 1972, cap. 4.
16. MONOD, J., CHANGEUX, J. P., JACOB, F. Allosteric proteins and cellular control systems. *Journal of Molecular Biology*. London, v. 6, p. 306-329, 1963.
17. PARDINI, M. I., GUIMARÃES, R. *Um conceito sistêmico-funcional do gene*. Botucatu: UNESP, 1989. Dissertação (Mestrado).
18. PEREIRA JR., A. “Mental information and verbal discourse” – Comunicação apresentada no II Encontro Internacional de Filosofia da Linguagem, UNICAMP, ago. 1991.
19. PEREIRA JR., A. *O problema da autodeterminação na filosofia da natureza: duas aproximações*. Belo Horizonte: UFMG, 1986. Dissertação (Mestrado). PEREIRA JR., A., GUIMARÃES R., CHAVES JR., J. “A auto-organização na Biologia”. (A ser publicado).
20. PRIGOGINE, I., NICOLIS, G. *Self-organization in nonequilibrium systems: from dissipative structures to order through fluctuations*. New York: J. Wiley, 1977.
21. ROSENBLATT, F. The role of macromolecular concepts in modeling information processing and memory processes in the nervous system. In: RAMSEY, D. M., org. – *Molecular coding problems: proceedings of the first interdisciplinary conference*. New York: The New York Academy of Sciences, 1967.
22. WOLPERT, L. Positional information and pattern formation. In: MOSCONA, A. A., MONROY, A. – *Current topics in developmental biology*. New York: Academic Press, 1971.