

ENCONTRO COM AS CIÊNCIAS COGNITIVAS

ORGANIZADORES:

MARIA EUNICE QUILICI GONZALEZ

MARIA CANDIDA SOARES DEL-MASSO

JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA

Volume 3

**CULTURA
ACADÊMICA**
Editora

*Unesp
Marília
Publicações*

**ENCONTRO COM AS
CIÊNCIAS COGNITIVAS**

*Dedicamos esta obra
à memória do grande amigo e
mestre Michel Debrun que nos
despertou para a importância da
auto-organização dos processos
cognitivos.*

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS

**ENCONTRO COM AS
CIÊNCIAS COGNITIVAS**

Volume 3

Organizadores

Maria Eunice Quilici Gonzalez
Maria Candida Soares Del-Masso
José Roberto Castilho Piqueira

2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS

Faculdade de Filosofia e Ciências - Av. Hygino Muzzi Filho, 737 – Caixa Postal: 420
17525-900 - Marília – SP - e-mail: publica@marilia.unesp.br

Diretor: Dr. Kester Carrara

Vice-Diretor: Prof. Dr. Tullo Vigevani

Conselho Editorial

Maria do Rosário Longo Mortatti (Presidente)

Adrián Oscar Dongo Montoya

Alexandre Bergamo Idalgo

Francisco Luiz Corsi

Lourenço Chacon Jurado Filho

Marco Aurélio Werle

Maria Candida Soares Del-Masso

Mariângela Spotti Lopes Fujita

Conselho Científico

André Leclerc (UFPB)

Benny Shanon (Hebrew University Jerusalem - Israel)

Charbel El-Hani (UFBA)

Donald Peterson (University of London)

Elias Humberto Alves (Unesp)

Giovani da Silva Queiroz (UFPA)

Isabel Loureiro (Unesp)

Itala L. D'Ottaviano (Unicamp)

Janio Itiro Akamatsu (Unesp)

Jezio Hernani Bomfim Gutierrez (Unesp)

Jonatas Manzolli (Unicamp)

Hércules de Araujo Feitosa (Unesp)

Michael Beaumont Wrigley (Unicamp)

Oswaldo Frota Pessoa Júnior (UFBA)

Paul Verschure (Institute of Neuron Informatics - Zúrich)
W. (Pim) F. Haselager (Katholieke Universiteit Nijmegen)

Assessoria Técnica:

Maria Luzinete Euclides (Bibliotecária)

Editoração Eletrônica:

Edevaldo Donizeti dos Santos

Gabriela Pereira de Oliveira

Produção Gráfica:

Gláucio Rogério de Moraes

Rogério Aparecido Alves

Capa:

Edevaldo Santos & Gláucio R. Moraes

Foto de capa:

Concetta Martins (Roma/Itália)

Copyright © 2001 dos organizadores

Todos os direitos reservados. É vedada, nos termos da lei, a reprodução total ou parcial deste livro sem a expressa autorização dos editores.

E56 Encontro com as ciências cognitivas / organização de Maria Eunice Quilici Gonzalez; Maria Candida Soares Del-Masso e José Roberto Castilho Piqueira -- Marília: Unesp-Marília-Publicações/ São Paulo: Cultura Acadêmica, 2001.
340p.; 21 cm. -- (Encontro com as ciências cognitivas; v.3)
ISBN 85-86738-19-0

1. Cognição – conhecimento. 2. Epistemologia. I. Gonzalez, Maria Eunice Quilici, org. II. Del-Masso, Maria Candida Soares, org. III. Piqueira, José Roberto Castilho, org. IV. Universidade Estadual Paulista.

CDD – 153.4

Índice para catálogo sistemático

1. Cognição – conhecimento – 153.4

2. Epistemologia – 121

SUMÁRIO

Introdução	i
SEÇÃO I - O PROBLEMA DA INTERDISCIPLINARIDADE NA CIÊNCIA COGNITIVA	
Metapsicologia freudiana e ciência cognitiva: os riscos da Interdisciplinaridade Carmen Beatriz Milidoni	3
A ciência cognitiva e a robotização do homem Marcos Barbosa de Oliveira	13
Algumas considerações sobre o conceito cartesiano de memória: um convite ao estudo interdisciplinar nas Ciências Cognitivas Mariana Claudia Broens	27
SEÇÃO II - SUPORTE BIOLÓGICO DOS PROCESSOS COGNITIVOS	
Breve histórico da neurociência cognitiva Alfredo Pereira Júnior	37
O certo e o duvidoso: como é possível a biologia Romeu Cardoso Guimarães	47
Adaptação, caos e cognição Gustavo Maia Souza	71
Consciência: um artifício evolutivo? Carla Laino Cândido	79
SEÇÃO III - AUTO-ORGANIZAÇÃO, ESTABILIDADE E COMPLEXIDADE	
Auto-organização e a noção de indivíduo: um ensaio Juliana Serzedelo	99
Complexidade e comportamento humano Roberto Britto Sassi; Fernando dos Santos Fernandes; Renato Teodoro Ramos José Roberto Castilho Piqueira	109
Estabilidade na aquisição de habilidade motora: um estudo de caso sobre a formação de padrões Edison de Jesus Manoel; Andrea Michele Freudenheim; Luciano Basso; Go Tani	121
SEÇÃO IV - A CIÊNCIA COGNITIVA E A ARTE DE MODELAGEM	
O papel dos modelos na ciência cognitiva Luiz Carlos Begosso	141
A experiência e a dedução no conhecimento físico: construção da noção física de conservação e do atomismo Adrián Oscar Dongo Montoya	149
Problemas para a unificação lógica de redes e algoritmos não convencionais Carlos Alberto Lungarzo	177

SEÇÃO V - CRIATIVIDADE, HÁBITOS E AUTO-ORGANIZAÇÃO

Um enfoque informacional do processo de criação <i>Ettore Bresciano Filho; Maria Eunice Quilici Gonzalez</i>	211
Perspectivismo e Auto-Organização: uma possibilidade de planos diferentes de criação na dança <i>Yara Couto</i>	229
Aspectos cognitivos da improvisação musical <i>Ricardo Goldemberg</i>	237
Diagramas e hábitos: Interação entre diagrama e hábito na concepção peirceana de conhecimento <i>Lauro Frederico Barbosa da Silva</i>	249

SEÇÃO VI - INFORMAÇÃO, LINGUAGEM E MEMÓRIA

Informação e naturalismo esclarecido: o "realismo informacional" <i>Renato Schaeffer</i>	281
Quadro ou mônada? O embate entre epistemologia e hermenêutica na interpretação de um jogo de linguagem. <i>Paula Mousinho Martins</i>	299
Ativação, integração e centralidade <i>Adriana Benevides Soares</i>	309
Plasticidade cerebral, deficiência mental e auto-organização <i>Maria Candida Soares Del-Masso; Mariana Cláudia Broens</i>	329

INTRODUÇÃO

O presente volume 3 de *Encontro com as Ciências Cognitivas* reúne trabalhos apresentados no III EBICC (Encontro Brasileiro-Internacional de Ciências Cognitivas) realizado em Abril de 1998, na UNICAMP, e também textos apresentados no *Colóquio Michel Debrun*, sobre Auto-organização, promovido pelo CLE/UNICAMP (Centro de Lógica e Epistemologia) e UNESP/Marília no período de 1999 a 2001.

A coletânea tem como eixo central investigações sobre os processos cognitivos e informacionais desenvolvidos pelos organismos e máquinas. Um aspecto inovador da obra consiste em que tais investigações são realizadas a partir de uma perspectiva Interdisciplinar que envolve a filosofia, a neurociência, a computação, a engenharia, a biologia, a música e a psicologia, entre outras. Os textos estão classificados em seis seções.

A primeira seção, denominada *O problema da Interdisciplinaridade na Ciência Cognitiva*, compreende os trabalhos de Carmen Beatriz Milidoni, Marcos Barbosa de Oliveira e Mariana Cláudia Broens, que compõem respectivamente, os capítulos 1, 2 e 3.

No capítulo 1 - *Metapsicologia Freudiana e Ciência Cognitiva: os riscos da interdisciplinaridade* -, a filósofa Carmen Beatriz Milidoni discute algumas das idéias de Patrícia Kitcher em *Freud's dream - a complete interdisciplinary science of mind*, a partir da perspectiva da Filosofia da Mente e da Ciência Cognitiva. Apesar de apreciar a clareza e a ponderação da interpretação de Kitcher da *metapsicologia freudiana*, Carmen Beatriz aponta potenciais perigos na leitura interdisciplinar da obra freudiana proposta por Kitcher, em especial no que diz respeito à sua crítica ao *destronamento* do princípio do prazer. Milidoni procura mostrar que tal crítica padece de alguns erros de compreensão da teoria psicológica, e que sua argumentação não é impecável do ponto de vista lógico.

No capítulo 2 - *A Ciência Cognitiva e a Robotização do Homem* -, o filósofo e físico Marcos Barbosa de Oliveira esboça uma crítica à abordagem naturalista da Ciência Cognitiva, que trata dos aspectos culturais da cognição humana. Sua crítica ao naturalismo focaliza, principalmente, a proposta cognitivista de injetar os princípios metodológicos e epistemológicos das Ciências Naturais nas Ciências Humanas, desconsiderando-se as diferenças, que para o autor são fundamentais, entre essas ciências. Barbosa argumenta que a metáfora da mente, tal como entendida pelos cognitivistas, como um computador (mais recentemente como um robô) é equivocada e indesejável. Ele

analisa as conseqüências - que considera desastrosas - do emprego de tal metáfora no estudo da mente.

A seção I se completa no capítulo 3 - *Algumas considerações sobre o conceito cartesiano de memória: um convite ao estudo interdisciplinar nas Ciências Cognitivas* -, com um estudo instigante desenvolvido pela filósofa Mariana Cláudia Broens sobre a concepção cartesiana da memória. A autora aponta dois sentidos que, em sua interpretação, estariam presentes na caracterização cartesiana de memória. A primeira seria constitutiva da alma e a segunda faria parte da maquinaria do corpo humano. Broens constata que alguns dos problemas decorrentes do dualismo cartesiano, no estudo da memória, encontram-se presentes nos debates atuais da ciência cognitiva. Ela sugere que uma interação cooperativa entre filósofos e cientistas cognitivos poderia evitar que erros comuns se repetissem devido à falta de um entendimento estrutural dos pressupostos que permeiam a investigação sobre a natureza da memória.

A seção II - *Suporte biológico dos processos cognitivos* - reúne os capítulos 4, 5, 6 e 7, estando endereçada, principalmente, às questões relativas à organização cerebral e à dinâmica dos processos neuronais, quando se trata de estabelecer as bases para a *Ciência Cognitiva*. A seção se inicia, no capítulo 4, com o artigo do filósofo Alfredo Pereira Júnior intitulado: *Breve Histórico da Neurociência Cognitiva*, apresentando um histórico das ligações entre a *Neurociência e as Ciências Cognitivas*. Ele ressalta que o marco inicial dessa linha de pensamento é constituído pelos trabalhos de Libet, que fornecem uma base para os experimentos neuropsicológicos, que combinados com estudos teóricos, proporcionaram os primeiros modelos computacionais da atividade neuronal que, posteriormente, evoluíram para os trabalhos amplamente difundidos na vertente conexionista da ciência cognitiva. O trabalho do professor Alfredo proporciona um passeio temporal pelas principais publicações da Neurociência indicando como elas redundaram em benefícios para a psicologia clínica e para o estabelecimento das ligações entre a atividade cerebral e as manifestações comportamentais, além da concepção dos modelos computacionais distribuídos e paralelos.

No capítulo 5 - *O certo e o duvidoso: como é possível a biologia* o geneticista Romeu Cardoso Guimarães trata de interessante hipótese a respeito da variabilidade biológica e de como os processos aleatórios, originários da interação entre organismos e ambiente, modularam o processo evolutivo provendo a homeostase e a plasticidade dos diversos sistemas e organismos. Pensando nos mecanismos de comunicação celular através de mediadores, entendidos como a base da emergência de sistemas complexos, o autor ressalta o aspecto da aleatoriedade presente na

fisiologia. Esta, acompanhada de regularidade e estabilidade internas, proporciona a adaptação e a riqueza cognitiva dos seres vivos, em geral, e dos seres humanos, em particular. Nesse contexto, o autor sugere que os processos mentais, originários de sinapses aparentemente previsíveis, apresentam aleatoriedade e complexidade tão amplas, que possibilitam a existência de vida nas mais variadas condições ambientais.

A hipótese da aleatoriedade, tão apreciada pelos biólogos, sofreu uma queda nos anos 70 quando o conceito de caos determinístico invadiu a literatura científica. Caos, visto como sensibilidade às condições iniciais em sistemas determinísticos, traz de volta a idéia de que sistemas biológicos possam, talvez, ser redutíveis a sistemas em que a aleatoriedade seja apenas aparente e provida pelas não linearidades, inerentes aos processos biológicos. Essa é a linha do trabalho do biólogo Gustavo Maia Souza no capítulo 6 - *Adaptação, Caos e Cognição*. O autor argumenta que, no caso dos seres vivos, a adaptação e a cognição emergem da aparente aleatoriedade de um sistema determinístico, permitindo que associemos complexidade funcional a conjuntos de partes estruturalmente simples. Um exemplo interessante de simulação desse tipo de sistema é apresentado, discutindo-se o conceito de vida artificial, em autômatos celulares.

A seção II se completa, no capítulo 7 - *Consciência: um artifício evolutivo* -, com a discussão apresentada pela psicóloga Carla Laino Cândido, sobre a emergência dos processos mentais conscientes, entendidos como artifício evolutivo, que proporcionam um contexto especial de seleção, próprio da análise da evolução cerebral. A autora argumenta que o desenvolvimento das diversas capacidades cerebrais permitiu ao homem a construção de representações cerebrais internas, criando a possibilidade de subjetividade e do pensamento abstrato. O desenvolvimento de córtices deu aos mamíferos capacidades diferenciadas de aprendizado e, no homem, permitiu a interiorização das percepções. Essa interiorização, segundo a autora, possibilitou a experiência de tempo, a construção de modelos e a capacidade de comunicação, criando um divisor de águas entre o ser humano e os outros animais.

A seção III - *Auto-organização, Estabilidade e Complexidade* - trata, nos capítulos 8, 9 e 10, das hipóteses acerca dos processos que possibilitam a emergência de comportamentos complexos em sistemas abertos longe das situações de equilíbrio. Tais hipóteses constitutivas da Teoria da Auto-organização (TAO) vem ocupando, desde a década de 60, o pensamento de cientistas com os mais variados centros de interesse, nas ciências humanas, naturais, biológicas e exatas.

Do ponto de vista da Ciência Cognitiva, a Auto-organização proporciona um panorama unificador de processos comportamentais e de aprendizado, não podendo estar ausente na análise e pesquisa de suas interações com a ciência comportamental. Uma amostra de tal análise pode ser encontrada no capítulo 8 - *Auto-organização e a noção de indivíduo* -, proposto pela psicóloga Juliana Serzedelo. A autora apresenta o problema do método de análise de uma dada totalidade através da divisão de suas partes, enfoque que pode, eventualmente, ser adequado ao estudo dos processos físicos. Contudo, ela considera tal método inapropriado para o estudo da noção de indivíduo, pois este requer uma visão sistêmica, não reducionista. Ela argumenta que as primeiras tentativas de compreensão do indivíduo, entendido como um sistema dinâmico, fundamentam-se em uma complexidade estrutural que não pode ser reduzida a partes menores conectadas por leis imutáveis. Fundamentada nos trabalhos de Morin, a professora traça um esboço da noção de indivíduo concebido no contexto da complexidade funcional, própria das não linearidades, inerentes aos processos biológicos que formam a base da cognição.

No capítulo 9 - *Complexidade e comportamento humano* -, o médico psiquiatra Roberto Britto Sassi e seus colaboradores, em busca de descrições quantitativas de fenômenos comportamentais, apresentam escalas de avaliação para pacientes em enfermaria psiquiátrica, observando, diariamente, seus estados subjetivos. Os dados, uma vez coletados, são tratados sob o ponto de vista das chamadas leis de potência, que parecem ubíquas na natureza, trazendo para os processos mentais uma perspectiva de criticidade auto-organizada, com comportamentos qualitativamente semelhantes em escalas quantitativas diversas.

A seção III se completa com o trabalho do Professor de Educação Física Edison José Manoel que, no capítulo 10 - *Estabilidade na aquisição de habilidade motora* -, apresenta uma visão da dinâmica do aprendizado de habilidades motoras específicas, fundamentada nas micro-estruturas de tarefas a serem aprendidas. É interessante notar que há uma discussão forte, centrada na estabilidade das habilidades adquiridas, indicando que os comportamentos aprendidos, apesar de emergirem de processos complexos e críticos, longe de regiões de equilíbrio, levam a situações de estabilidade estrutural em que pequenas variações de parâmetros não alteram qualitativamente o seu processo auto-organizado.

A Ciência Cognitiva, ao congregar abordagens originárias de várias disciplinas, necessita um esforço de compatibilização de linguagens, abordagens e perspectivas de modelagem. A psicologia clínica e experimental, computação, física, neurofisiologia, lógica e a filosofia são

alguns dos ramos do conhecimento humano que se juntam objetivando um melhor entendimento dos processos de formação e emergência de estados mentais, temas que serão discutidos na seção IV - *A Ciência Cognitiva e a Arte de Modelagem* - que reúne os capítulos 11, 12, 13 e 14.

A seção IV se inicia com o trabalho do computólogo Luiz Carlos Begosso no capítulo 11 - *O papel dos modelos na ciência cognitiva*. Partindo da hipótese que o computador pode servir como uma metáfora satisfatória para o entendimento da inteligência na espécie humana, o autor apresenta alguns modelos computacionais dos processos cognitivos. Através de um breve histórico, ele nos lembra que tal hipótese, fundamental na Inteligência Artificial, tem origem nas idéias de von Neumann e Turing, que afirmavam serem os computadores digitais bons instrumentos para imitar o que eles chamaram de *computador humano*. Surge daí uma indagação: o ser humano, considerado como um tipo de computador, só executará o que lhe for ordenado ou comportamentos não programados podem ser esperados tanto deles como das máquinas computadoradas? Essas questões são discutidas pelo professor Begosso, que focaliza o modelo de mente proposto por Turing, privilegiando a lógica e deixando, de certo modo, de lado as abordagens conexionistas não simbólicas.

No capítulo 12 - *A experiência e a dedução no conhecimento físico* -, o psicólogo Adrián Oscar Dongo Montoya analisa a participação da experiência e do raciocínio dedutivo na formação das estruturas do conhecimento do mundo real. A pesquisa mostra a constituição progressiva, por parte do sujeito, das noções de conservação e do atomismo a partir da abstração dos caracteres pertencentes aos objetos enquanto inseridos em sistemas de composição lógico-matemáticos. A tese defendida é que as composições do mundo real dependem de relações espaço-temporais e causais.

Além das abordagens epistemológicas das estruturas do pensamento e dos modelos lógico-computacionais desenvolvidos na ciência cognitiva, um movimento importante de modelagem através de processamento massivo realizado em paralelo, em analogia com o funcionamento dos neurônios, possui grande importância, tanto conceitual como prática, na ciência cognitiva. A tentativa de realização dessa abordagem através do processamento por algoritmos é apresentada no capítulo 13 - *Problemas para a unificação lógica de redes e algoritmos não convencionais* -, pelo Professor de Lógica Carlos Alberto Lungarzo. O autor compara duas formas de raciocínio e processamento de informação considerando-as como um modo natural de raciocínio da espécie humana. Uma estrutura lógica das redes neurais, combinadas

com os algoritmos, é proposta tanto para algoritmos deterministas como para algoritmos probabilistas. Nesse contexto, o Professor Lungarzo argumenta que *todos os processos computacionais devem conter um núcleo comum, não trivial, cujas características possam ser formalizadas num sistema mais geral do que cada um desses métodos considerados independentes.*

Na seção V - *Criatividade, Hábitos e Auto-Organização* - são apresentados os trabalhos de Ettore Bresciano Filho e Maria Eunice Quilici Gonzalez, Yara Couto, Ricardo Goldemberg e Lauro Frederico Barbosa da Silveira, nos capítulos 14, 15, 16 e 17 respectivamente.

No capítulo 14 - *Uma abordagem informacional do processo de criação* -, o professor e engenheiro mecânico Ettore Bresciano Filho e a filósofa cognitivista Maria Eunice Quilici Gonzalez analisam o processo de criação a partir da perspectiva dos modelos sistêmicos de informação e identificam o processo de auto-organização nas diversas etapas do processo de criação. Um breve histórico das correntes centrais da ciência cognitiva é apresentado, enfatizando-se o papel da psicologia cognitiva, inteligência artificial e conexionismo na construção dessa ciência.

No capítulo 15 - *Perspectivismo e auto-organização* -, a professora de educação física Yara Couto investiga o movimento humano criativo que tem sua expressão na dança. Ela propõe uma análise das estruturas básicas que compõem a dança, a partir da abordagem perspectivista de criação. Tal análise é realizada no contexto do paradigma da auto-organização, com ênfase na Teoria da Auto-organização (TAO) proposta por Michel Debrun.

No capítulo 16 - *Aspectos Cognitivos da Improvisação Musical* o professor de música Ricardo Goldemberg analisa a improvisação musical, tendo como objeto de estudos entrevistas semi-estruturadas com musicistas de formação jazzística. O autor procurou identificar fatores relevantes no comportamento musical desses musicistas (considerados bons improvisadores), fatores esses que fornecem subsídios para sua hipótese segundo a qual improvisadores experientes possuem a capacidade de imaginar sons antes de sua performance. O professor Ricardo argumenta que tal capacidade é característica própria da intuição criadora.

No capítulo 17 - *Diagramas e Hábitos* -, o filósofo Lauro Frederico Barbosa da Silveira apresenta a concepção peirceana do conhecimento. Especial ênfase é dada aos esforços de Peirce na construção de um modelo lógico, essencialmente diagramático, que traça um homólogo do universo (ou parte dele), no qual a razão possa exercer seu papel criador e observacional. De maneira instigante, o professor Lauro indica

como, no modelo Peirceano, a razão exercita-se para, através da aquisição de um hábito geral e crescente de conduta, interagir com o universo.

A última seção, intitulada *Informação, Linguagem e Memória* reúne os capítulos 18, 19, 20 e 21. Estes focalizam o papel da informação e da linguagem na organização da memória e do conhecimento em geral.

No capítulo 18 - *Informação e naturalismo esclarecido: breve reflexão a partir do realismo informacional de Tom Stonier* -, o filósofo Renato Schaeffer faz uma instigante análise do conceito de informação, tal como proposto por Tom Stonier, a partir do que Renato denomina 'naturalismo esclarecido'. O seu ponto de partida é a tese não-reducionista de Stonier segundo a qual a informação é uma propriedade básica do universo, assim como o são matéria e energia. Após uma discussão minuciosa dos pressupostos subjacentes ao realismo informacional de Stonier, Renato nos indica algumas das contribuições valiosas que uma teoria realista de informação poderia fornecer à filosofia.

No capítulo 19 - *Causalidade e Representação? O embate entre epistemologia e hermenêutica na interpretação de um jogo de linguagem* -, a filósofa Paula Mousinho Martins analisa o debate entre Richard Rorty e Hilary Putnam acerca dos rumos do neopragmatismo norte-americano, qual seja, o de permanecer atrelado à epistemologia ou de encampar definitivamente a hermenêutica. Para dar conta dessa discussão, Martins analisa as concepções de Rorty e Putnam sobre o *jogo de linguagem*, salientando que para Rorty o jogo de linguagem não mais representa o mundo, pois ele é o próprio mundo. A professora argumenta que os estudos de Putnam se assemelham, em muitos aspectos, ao pensamento hermenêutico de Rorty ao considerar as idéias de comunidade e de consenso lingüístico, ressaltando que apesar de Putnam não ir tão longe na análise quanto Rorty o fez, ao considerar a racionalidade com base em critérios etnocêntricos, Putnam preserva em seu estudo a concepção internalista de filosofia.

No capítulo 20 - *Ativação, integração e centralidade* -, a cognitivista Adriana Benevides Soares discute o papel da aprendizagem no processo ativo de codificação e armazenamento de informações na memória de longo prazo. A autora investiga, em especial, a questão de como informações recém estabelecidas na memória podem ser incorporadas aos conhecimentos prévios adquiridos pelos indivíduos. Soares argumenta que os conceitos centrais de um texto, por exemplo, ao serem fortemente ativados possuem grande chance de serem incorporados aos conhecimentos prévios, enquanto que os conceitos

periféricos, ao receberem pouca ativação, permanecem compartimentados na memória.

No último capítulo - *Plasticidade Cerebral, Deficiência Mental e Auto-organização* -, a cognitivista Maria Candida Soares Del-Masso e a filósofa Mariana Cláudia Broens analisam a noção de plasticidade cerebral apresentada por Vygotsky, relacionando-a ao desenvolvimento dos indivíduos deficientes mentais. A contribuição das autoras reside na leitura da teoria vygotskyana a partir da perspectiva da Teoria da Auto-organização. Nesse contexto, elas analisam o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, proposto por Vygotsky para abordar certas deficiências cognitivas. Seguindo as trilhas de Vygotsky, as professoras argumentam que muitas deficiências podem ser ao menos minimizadas por processos de compensação e super-compensação.

Ao percorrer os diversos caminhos de reflexão sugeridos pelos autores da presente coletânea, o leitor observará uma certa divergência de opiniões a respeito de temas aparentemente comuns. Por vezes ele se sentirá como que caminhando por encruzilhadas com indicações não muito precisas. Este sentimento não será incomum, uma vez que a presente coletânea constitui uma amostra de pesquisas realizadas em uma área de investigação ainda pouco consolidada não só no Brasil, como no mundo.

Nos seus pouco mais de 50 anos de existência, a Ciência Cognitiva encontra-se ainda em pleno processo de construção, em um terreno difícil que envolve o trabalho da mente se auto-investigando, com pretensões à cientificidade. Nesta dinâmica, o presente volume constitui apenas mais um contorno no caminho do caminhante, que constrói o seu caminho ao caminhar. A expectativa é que a sua leitura possibilite debates e reflexões sobre a dinâmica constitutiva das mentes.

*Maria Eunice Quilici Gonzalez
Maria Candida Soares Del-Masso
José Roberto Castilho Piqueira*

O PROBLEMA DA INTERDISCIPLINARIDADE
NA CIÊNCIA COGNITIVA

METAPSICOLOGIA FREUDIANA E CIÊNCIA COGNITIVA: OS RISCOS DA INTERDISCIPLINARIDADE

Carmen Beatriz MILIDONI¹

Nossa exposição tem um alcance bem circunscrito: pretendemos comentar e questionar algumas das idéias desenvolvidas por Patrícia Kitcher em sua obra *Freud's dream: a complete interdisciplinary science of mind*. Segundo entende a autora, a Metapsicologia freudiana teria pretendido alicerçar uma ciência da mente numa base interdisciplinar, sendo que um propósito semelhante nortearia os esforços da Ciência Cognitiva. Argumenta Kitcher, em primeiro lugar, a favor da hipótese de Freud ter sido o primeiro cientista cognitivo interdisciplinar, mostrando como o interesse interdisciplinar guiou a construção de sua teoria, principalmente na perspectiva da Metapsicologia. Todavia, ela terminará concluindo que aqueles que foram precisamente os grandes fatores de sucesso da Psicanálise, quais sejam, seu caráter sistemático e seu enraizamento nas ciências biológicas e físicas explicariam, à maneira de um *boomerang*, o espetacular fracasso daquela ciência nas últimas décadas deste século, pelo menos no contexto da comunidade científica norte-americana. O aludido enraizamento deve ser entendido tendo-se em conta as relações de dependência ontológica da Psicanálise com relação às Ciências Biológicas (Anatomia e Fisiologia do cérebro; Biologia evolucionária), o que teria a ver com o *materialismo* sustentado por Freud em termos da relação mente/cérebro. Mas também o dito enraizamento deve ser entendido tendo-se em consideração as relações de dependência epistemológica (de *constraint* e orientação) entre as mesmas disciplinas.

A interpretação que Kitcher faz da Metapsicologia freudiana é bastante interessante e ponderada. Partamos da conceituação padrão que Freud apresenta no artigo metapsicológico de 1915 *O inconsciente*:

Proponho que, quando tivermos conseguido descrever um processo psíquico em seus aspectos dinâmico, topográfico e econômico, passemos a nos referir a isso como uma apresentação *metapsicológica*. (FREUD, 1994c, v. 14, p. 178)

Kitcher caracteriza o ponto de vista dinâmico como o pólo qualitativo das explicações psicanalíticas. Neste sentido, o objetivo destas últimas seria poder apreender as motivações comportamentais *inconscientes*.

¹ Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências - Unesp - Campus de Marília. E-mail: milidoni@marilia.unesp.br

o que incluiria *idéias e forças* que atuam sobre essas idéias, sendo que tais forças derivariam das pulsões (Triebe) (KITCHER, 1996, p. 45-46).

A dimensão topográfica contemplaria a divisão da mente em unidades funcionais e evolucionárias, que adotariam a forma de sistemas ou instâncias enquanto componentes de um *aparelho psíquico*. (Kitcher, 1996, p. 49-50).

Já o ponto de vista econômico fora caracterizado inequivocamente por Freud nos seguintes termos: 'Este se esforça por perseguir os destinos de quantidades de excitação e por chegar pelo menos a uma estimativa *relativa* de sua magnitude'. (FREUD, 1994c, v. 14, p. 178).

A partir destas colocações podemos inferir, com meridiana clareza, que a Metapsicologia seria para Freud, pelo menos numa perspectiva metodológica, um "approach" ou um conjunto de *diretrizes metateóricas* para a construção da Psicanálise, para usar uma expressão da própria Kitcher (1996, p. 43).

É bem verdade, adverte todavia essa autora, que Freud usou algumas vezes o adjetivo "metapsicológicas" para se referir a um conjunto de *doutrinas* que fariam parte de uma "superestrutura especulativa da psicanálise", doutrinas essas que poderiam ser abandonadas ou modificadas sem que isso implicasse em uma perda substancial para essa ciência (KITCHER, 1996, p. 42-44).

Temos em mente aqui, sobretudo, as sucessivas teorias do aparelho psíquico e das pulsões que Freud elaborara ao longo de sua obra.

Acontece que grande parte dos estudiosos de Freud privilegiou essa parte doutrinária da Metapsicologia, dando ênfase no seu teor especulativo e duvidando, às vezes, por tal motivo, de que essas doutrinas pudessem servir de fundamento adequado para a ciência psicanalítica (que, no limite, estaria configurada, sobretudo para autores como Grünbaum, por hipóteses diretamente sugeridas pela prática clínica, hipóteses essas cuja potência explicativa não estaria apoiada sobre bases sólidas, já que não seria possível descartar o fator de aleatoriedade ou de sugestão nas curas aparentemente bem sucedidas que teriam como aval essas explicações).

Kitcher chama essa maneira parcial e distorcida, ao seu ver, de interpretar o estatuto da Metapsicologia de "versão oficial", já que a mesma conta entre seus adeptos epistemólogos da Psicanálise tão díspares e importantes quanto Laplanche, Pontalis, Klein, Grünbaum ou Sulloway (KITCHER, 1996, p. 40-43).

Além do mais, a maioria desses autores (nomeadamente os três últimos mencionadas acima) identificaria a Metapsicologia com um

conjunto de hipóteses inspiradas na ciência natural do século XIX, hipóteses essas que carregariam ao mesmo tempo as desvantagens de sua feição especulativa e do caráter datado (e, portanto, sujeito ao anacronismo) de sua base científica.

De todas as maneiras, e recordando aqui o famoso primeiro parágrafo de *Pulsões e seu destino* (FREUD, 1994b, v. 14, p. 113) em que Freud explicita seus pressupostos epistemológicos, poderíamos afirmar que tanto para Freud como para Kitcher a “especulação” psicanalítica não seria inteiramente ficcional (ou transcendental) porque sujeita aos controles que o material empírico (no caso, a base clínica) imporia a essa especulação.

No que tange à Metapsicologia como uma perspectiva metodológica é interessante ressaltar, por outro lado, que dos três pontos de vista que a constituem é o ponto de vista econômico que se articularia, segundo Kitcher, de maneira mais óbvia com a metodologia própria das ciências da natureza, as ciências propriamente ditas, segundo Freud. Com efeito, as genuínas explicações psicanalíticas devem considerar de que maneira as descrições qualitativas de processos psicológicos estão ligadas a processos quantitativos subjacentes (KITCHER, 1996, p. 53). E essa foi uma exigência (e uma ambição) da qual Freud jamais abriu mão durante toda sua vida.

Concordando em parte com Klein, Kitcher resumirá sua interpretação da Metapsicologia nos seguintes termos:

A Metapsicologia refletiu a concepção de Freud de como se constrói uma ciência da mente, e isto implica relacionar a psicologia ao menos à fisiologia e à biologia evolucionária. (KITCHER, 1996, p. 40)

É preciso considerar, todavia, que a abordagem interdisciplinar não está isenta de riscos.

Assim, veremos Kitcher questionar como alguns desenvolvimentos ulteriores à Neurobiologia em que Freud se baseara teriam contestado um dos principais pressupostos de *background* da Metapsicologia freudiana, isto é, o caráter essencialmente reflexo da atividade neuronal. À luz desses ulteriores desenvolvimentos, teria caído aquele que é o princípio regulador da vida psíquica para Freud, qual seja, o “princípio de prazer”. A formulação acabada desse princípio é colocada na página inicial de *Além do princípio de prazer* (1920) nos seguintes termos:

Na teoria da Psicanálise não hesitamos em supor que o curso tomado pelos processos anímicos está automaticamente regulado pelo princípio de prazer, ou seja, acreditamos que o curso desses processos é invariavelmente colocado em movimento por uma tensão

desprazerosa e que toma uma direção tal, que seu resultado final coincide com uma redução dessa tensão, isto é, com uma evitação de desprazer ou uma produção de prazer. (FREUD, 1994d, v.18, p.7)

Esta formulação implica na entrada em jogo do ponto de vista econômico, em termos metapsicológicos. Com efeito, na mesma obra, Freud correlacionará o desprazer com um *aumento* na quantidade de excitação, e o prazer, com uma *diminuição*.

Kitcher pretende usar o exemplo do *fracasso* do princípio de prazer para revelar potenciais perigos no trabalho interdisciplinar corrente em Ciência Cognitiva. Tentaremos mostrar, em primeiro lugar, que a crítica da autora com relação ao “destronamento” do princípio de prazer padece de alguns erros de compreensão da teoria psicanalítica, e que sua argumentação neste sentido não é impecável do ponto de vista lógico.

Vejamos primeiramente o panorama geral traçado por Kitcher no que respeita às relações entre Psicanálise e Fisiologia (KITCHER, 1996, p.154).

A Psicanálise teria se ancorado na Fisiologia através de umas poucas e simples pressuposições:

- 1 Devido quiçá a sua inerente irritabilidade a matéria neuronal funcionava de maneira reflexa.
- 2 Quando a energia penetrava na matéria neural, o sistema nervoso reagia tentando descarregá-la, seja imediatamente, ou depois de um necessário deferimento.
- 3 A descarga de energia produzia prazer, a retenção do excesso de energia, dor (aqui devemos corrigir: *desprazer*).
- 4 Conjuntamente com a estimulação externa através de receptores sensoriais o sistema nervoso recebia energia de fontes endógenas.
- 5 Em particular, as fontes somáticas da energia sexual liberavam algo, presumivelmente uma especial substância química no interior do sistema, que produzia um derramamento de energia no mecanismo neural.
- 6 As fontes de energia sexual só deixariam de agir quando as necessidades sexuais fossem preenchidas; caso contrário, o sistema neural ficaria sob tensão devido ao excesso de energia vazando nele.

Segundo Kitcher (1996, p. 154), várias dessas pressuposições eram bastante razoáveis no tempo em que foram adotadas; assim:

- Muitos acreditavam que a matéria neural era reflexa e que recebia estimulação endógena;

- Darwin tinha apoiado o senso comum ao assumir a existência de instintos sexuais;

Sem embargo, adverte Kitcher:

- A relação entre descarga e prazer e sobrecarga e desprazer, de alguma maneira baseada no princípio de estabilidade de Fechner, foi *especulativa* e a maneira de Freud integrar essas idéias foi somente uma hipótese.

Em consonância com isto, seria necessário relativizar a seguinte hipótese freudiana:

- As necessidades sexuais se traduzem em sinais químicos que são enviados ao cérebro, o que é seguido pela sobrecarga do sistema, produzindo desprazer.

É bem verdade, reconhece Kitcher, que esta hipótese era compatível com razoáveis *pressuposições fisiológicas* e ela forjou uma interessante ligação entre elas e aparentes descobertas *clínicas* relacionando sexo e neurose; mas isto precisava de **corroboração independente**. Kitcher argüirá que da maneira em que a Fisiologia se desenvolveu, essa essencial corroboração não conseguiu se materializar.

A autora começará sua crítica do embasamento da Psicanálise na Biologia colocando a que seria, no seu entender, a *hipótese-chave* para a Psicanálise, e que ela divide em duas metades: primeira, as fontes somáticas das pulsões sexuais exercem pressão no sistema nervoso, inundando-o com energia; segunda, essa energia pode às vezes encontrar uma descarga reflexa de maneira inadequada ou despistante (fundamentalmente nas neuroses e nos sonhos). Mas, nem Freud nem seus seguidores teriam encontrado qualquer evidência direta para tal hipótese; por outro lado, avanços em Endocrinologia e Neurofisiologia tornaram ambas metades da hipótese consideravelmente pouco plausíveis (KITCHER, 1996, p. 156).

Consideremos a crítica empreendida contra a segunda metade da hipótese, sendo o ponto de partida os *reflexos neurais* (KITCHER, 1996, p. 156-159).

Sustenta Kitcher que subseqüentes descobertas em Neurofisiologia revelaram que o princípio de prazer repousava sobre uma descrição errada da atividade neural. Por volta dos anos 30 começou a ser evidente que a célula nervosa não era fisiologicamente inerte, que a mesma não precisava de ser excitada do exterior para fins de descarga (HEBB, 1982). Esta descoberta teria minado, para Kitcher, as bases da Psicanálise, e pelas seguintes razões:

- 1 Se o sistema nervoso não é impulsionado por energia suprida por fontes externas ao mesmo, então não há nenhuma razão para acreditar que

desprazerosa e que toma uma direção tal, que seu resultado final coincide com uma redução dessa tensão, isto é, com uma evitação de desprazer ou uma produção de prazer. (FREUD, 1994d, v.18, p.7)

Esta formulação implica na entrada em jogo do ponto de vista econômico, em termos metapsicológicos. Com efeito, na mesma obra, Freud correlacionará o desprazer com um *aumento* na quantidade de excitação, e o prazer, com uma *diminuição*.

Kitcher pretende usar o exemplo do *fracasso* do princípio de prazer para revelar potenciais perigos no trabalho interdisciplinar corrente em Ciência Cognitiva. Tentaremos mostrar, em primeiro lugar, que a crítica da autora com relação ao “destronamento” do princípio de prazer padece de alguns erros de compreensão da teoria psicanalítica, e que sua argumentação neste sentido não é impecável do ponto de vista lógico.

Vejamos primeiramente o panorama geral traçado por Kitcher no que respeita às relações entre Psicanálise e Fisiologia (KITCHER, 1996, p.154).

A Psicanálise teria se ancorado na Fisiologia através de umas poucas e simples pressuposições:

- 1 Devido quiçá a sua inerente irritabilidade a matéria neuronal funcionava de maneira reflexa.
- 2 Quando a energia penetrava na matéria neural, o sistema nervoso reagia tentando descarregá-la, seja imediatamente, ou depois de um necessário deferimento.
- 3 A descarga de energia produzia prazer, a retenção do excesso de energia, dor (aqui devemos corrigir: *desprazer*).
- 4 Conjuntamente com a estimulação externa através de receptores sensoriais o sistema nervoso recebia energia de fontes endógenas.
- 5 Em particular, as fontes somáticas da energia sexual liberavam algo, presumivelmente uma especial substância química no interior do sistema, que produzia um derramamento de energia no mecanismo neural.
- 6 As fontes de energia sexual só deixariam de agir quando as necessidades sexuais fossem preenchidas; caso contrário, o sistema neural ficaria sob tensão devido ao excesso de energia vazando nele.

Segundo Kitcher (1996, p. 154), várias dessas pressuposições eram bastante razoáveis no tempo em que foram adotadas; assim:

- Muitos acreditavam que a matéria neural era reflexa e que recebia estimulação endógena;

Antes de projetar este exemplo no campo da Ciência Cognitiva, vamos pontualizar algumas objeções às críticas formuladas acima por Kitcher no que tange ao *colapso* do princípio de prazer.

Primeiramente, sublinharemos que esse “colapso” não se depreende logicamente das teorias que consideram os neurônios como auto-ativos. O fato de se considerar os neurônios como auto-ativos não implica:

- 1 Que o sistema nervoso não receba também energia de fontes externas ao mesmo.
- 2 Que o sistema nervoso não se esforce para descarregar energia quando o seu montante é excessivo.
- 3 Que a descarga não seja sentida como prazerosa.

Já na ordem meramente conceitual, podemos dizer, apoiando-nos na obra freudiana *Projeto de uma psicologia* (1895) que o movimento neuronal reflexo não é fundamento para o princípio de prazer; tal movimento é a maneira em que o princípio de inércia neurônica, ou melhor, o seu equivalente em termos psicológicos, a “tendência a evitar o desprazer”, que fora fruto de uma descoberta clínica, se modeliza ou se naturaliza. Freud é taxativo: o princípio de inércia não está calcado no arco reflexo; pelo contrário, “é o princípio que dá o motivo para o movimento reflexo” (FREUD, 1950, p. 306; 1995, p. 10). Haveria aqui subentendida uma colaboração interdisciplinar de dupla mão. A própria Kitcher reconhece que no *Projeto...* Freud apresentou a Psicopatologia como informando à Fisiologia sobre a sobrecarga de Q (quantidade de excitação) (KITCHER, 1996, p. 58). E também reconhece que são postuladas, tanto no *Projeto...* como no *Esboço de Psicanálise* (1940 [1938]) relações dinâmicas de inter-dependência entre Neurofisiologia, Psicopatologia e Psicanálise (p. 60). Mas isto não implica, naturalmente, poderíamos acrescentar, que não haja necessidade de corroborações independentes nas ciências em ligação, ou que os respectivos cientistas não devam estar atualizados com relação aos avanços das disciplinas vizinhas. Assim, concedemos que se Freud tivesse enxergado os neurônios como auto-ativos poderia talvez ter modificado partes de sua teoria, mas ela não teria sido, por esse motivo, necessariamente falsificada, como sustenta Kitcher.

Entretanto, já no campo da Ciência Cognitiva, Kitcher confrontará a posição cautelosa dos pais dos modelos PDP no conexionismo, isto é, Rumelhart e McClelland, e também de Smolensky, com os audaciosos pontos de vista de filósofos como Stich e Paul Churchland. Para os primeiros, o único ponto que é certo é que os modelos PDP descrevem a microestrutura dos processos de pensamento e que os mesmos se mostraram adequados

no domínio da percepção e da memória. Mas esses modelos não seriam aplicados a processos cognitivos de nível superior através de uma implementação individual de uma rede processando em paralelo. Em contraste com este ponto de vista Stich e Churchland mostram-se confiantes quanto à possibilidade de modelização de processos mentais complexos pelos tipos de redes conexionistas atualmente disponíveis (KITCHER, 1996, p. 159-161).

Não temos outra opção senão acatar como razoáveis as advertências de Kitcher quanto ao exagerado entusiasmo do uso de hipóteses pontuais de fundo neurológico para explicar o funcionamento da mente humana, tanto por parte de Freud quanto por parte de alguns adeptos do conexionismo. Isto porque, em ambos os casos, pensamos nós, haveria um procedimento teórico-metodológico que poderia ser fonte de potenciais fracassos e que consistiria em extrapolar hipóteses (ou ainda descobertas que gozam de um certo sucesso) da ordem do micro-estrutural para a ordem dos sistemas complexos, como é o caso da mente humana como um todo. De todas as maneiras, poderíamos responder às sombrias conclusões de Kitcher quanto ao colapso da Psicanálise diante das novas descobertas em disciplinas-chave para sua sustentação citando o epígrafe com que Freud encabeça o começo de sua *História do movimento psicanalítico*: "*Fluctuat nec mergitur*" (Balança, mas não afunda) (FREUD, 1994, v. 14, p. 1).

Referências

- ALEXANDER, F. *Fundamentals of psychoanalysis*. New York: W.W Norton, (1948) 1963.
- BIDDER, R. M.; LEFEUER, F. F. (Ed.) Neuroscience of mind on the Centennial of Freud's Project for a Scientific Psychology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, New York, v. 843, 1998.
- BUCCI, W. *Psychoanalysis & cognitive science: a multiple code theory*. New York: The Guilford Press, 1997.
- CHURCHLAND, P. M. *A neurocomputational perspective: the nature of mind and the structure of science*. Cambridge: MIT Press, 1989.
- DUPUY, J. P. *Nas origens das ciências cognitivas*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Ed. da Unesp, 1995.
- FREUD, S. *Entwurf einer psychologie*. In: _____. *Aus den Anfängen der Psychoanalyse*. London: Imago, (1895) 1950.
- _____. Projeto de uma psicologia. Tradução de Osmir Faria Gabbi Júnior. Rio de Janeiro: Imago, (1895) 1995. (Obras isoladas de Freud).
- _____. *Contribución a la historia del movimiento psicoanalítico*. Tradução de José L. Etcheverry. Buenos Aires: Amorrortu, (1914) 1994a. v.14. (Obras completas – Sigmund Freud).

- FREUD, S. Pulsiones y destinos de pulsión. Tradução de José L. Etcheverry. Buenos Aires: Amorrortu, (1915) 1994b. v. 14. (Obras completas – Sigmund Freud).
- _____. Lo inconsciente. Tradução de José L. Etcheverry. Buenos Aires: Amorrortu, (1915) 1994c. v.14. (Obras completas – Sigmund Freud).
- _____. *Más allá del principio de placer*. Tradução de José L. Etcheverry. Buenos Aires: Amorrortu, (1920) 1994d. v. 18. (Obras completas – Sigmund Freud).
- _____. *Esquema del psicoanálisis*. Tradução de José L. Etcheverry. Buenos Aires: Amorrortu, (1940 [1938]) 1994e. v. 23. (Obras completas – Sigmund Freud).
- HEBB, D. O. *Drives and the C. N. S* (Conceptual Nervous System). Reprinted. In: BUCHTEL, H. A. (Ed.) *The conceptual nervous system*. New York: Pergamon Press, 1982.
- JONES, E. *The life and work of Sigmund Freud*. New York: Basic Books, 1961.
- KITCHER, P. *Freud's dream: a complete interdisciplinary science of mind*. Massachusetts: MIT Press, 1996.
- LAPLANCHE, J.; PONTALIS, J. B. *Vocabulário da psicanálise*. Tradução de Pedro Tamen, São Paulo: Martins Fontes, 1979.
- RUMELHART, D. E.; MCCLELLAND. *Parallel distributed processing*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1986. v.1
- SHERRINGTON, C. S. *The integrative action of the nervous system*. New Haven: Yale University Press, 1906.
- SMOLENSKY, P. On the proper treatment of connectionism. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 11, p. 1-23, 1988.
- STICH, S. P. From connectionism to eliminativism. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 11, p. 53-54, 1988.
- SULLOWAY, F. *Freud: biologist of the mind*. New York: Basic Books, 1979.
- WOLLHEIM, R. *Freud*. London: Fontana, 1971.

A CIÊNCIA COGNITIVA E A ROBOTIZAÇÃO DO HOMEM¹

Marcos Barbosa de OLIVEIRA²

Contra esta ideologia, insisto que não existe uma natureza humana imutável. Além e acima do nível animal, os seres humanos são maleáveis, em corpo e mente, até mesmo em sua própria estrutura instintiva. Homens e mulheres podem ser computadorizados transformando-se em robôs, sim – mas eles podem também se recusar a isso. (Marcuse)³

Este ensaio tem a natureza de um esboço: pretende apenas delinear uma visão crítica sobre a ciência cognitiva — ou, mais precisamente, sobre a parte da ciência cognitiva que trata dos aspectos culturais da cognição humana —, e sobre o naturalismo — entendido como a posição que nega a existência de diferenças essenciais entre as ciências humanas e as naturais e, tomando estas como modelo, propõe que seus princípios epistemológicos e metodológicos sejam adotados nas ciências humanas. O desenvolvimento completo das idéias a serem apresentadas resultaria num texto muito mais longo e complexo, envolveria melhor explicitação e demonstração de inúmeras teses que serão a seguir pouco mais que enunciadas, a discussão de problemas a que as teses dão origem, etc. O trabalho seria sem dúvida algo de muito mais sólido, mas poderia, eventualmente deixar menos nítida a visada crítica que desejamos propor.

A crítica ao naturalismo apóia-se sobre a tese de que existem diferenças essenciais entre as ciências humanas e as naturais. Uma destas consiste na possibilidade, restrita às ciências humanas, de ocorrência daquilo que Popper denomina *efeito Édipo* – o fenômeno em que o anúncio de uma previsão afeta a ocorrência do evento previsto.⁴ O efeito Édipo pode ser visto como um caso particular de um fenômeno mais geral, a saber,

¹ Uma versão ligeiramente diferente deste trabalho foi publicada como o cap. 11 de *Da ciência cognitiva à dialética*.

² Departamento de Filosofia da Educação e Ciências da Educação – USP – São Paulo. E-mail: mbdolive@usp.br

³ *Ecology and the critique of modern society*, p.68. (Agradeço a Isabel Maria Loureiro pela indicação.) (O número de página mencionado refere-se à publicação em alemão).

⁴ Cf. Popper, *A miséria do historicismo*, cap.5; *A sociedade aberta e seus inimigos*, v. 1, p. 35-36; *Conjecturas e refutações*, p.68; *Autobiografia intelectual*, p.129-130. Em 'Popper e o efeito Édipo', cap. 10 de *Da ciência cognitiva à dialética*, mostra-se que há uma inconsistência entre o naturalismo defendido por Popper e sua admissão da possibilidade de ocorrência do efeito Édipo nas ciências humanas.

aquele em que o processo de investigação afeta seu próprio objeto, ou seja, a parte da realidade a que se refere. Vamos dar a este o nome de *transformação cognitiva*. Uma transformação cognitiva, convém enfatizar, não é uma transformação *no conhecimento*: é uma transformação *na realidade a que o conhecimento se refere*, provocada pelos processos envolvidos em seu desenvolvimento (isto é, no desenvolvimento do conhecimento).

O efeito Édipo é um caso particular de transformação cognitiva porque a emissão de previsões constitui apenas uma etapa do processo de investigação científica. Sem a pretensão de fazer uma lista exaustiva, e sem sugerir que a ordem dos itens corresponda à seqüência temporal real, podemos dizer que o processo de investigação científica envolve as seguintes etapas: 1) a escolha do tema, do objeto a ser estudado, ou, se se preferir, do problema a ser resolvido; 2) a realização de observações (observações *simples*, não observação dos resultados de experimentos), 3) a realização de experimentos (incluindo a observação dos resultados), 4) a formulação de teorias, e 5) a emissão de previsões.

Nossa tese é a de que em todas estas etapas pode haver, nas ciências humanas, e não nas ciências naturais, um impacto do processo de investigação sobre o objeto investigado. A cada etapa corresponde então um tipo de transformação cognitiva: a transformação cognitiva *temática* é aquela em que a escolha do tema por si só afeta a parte correlata da realidade; a transformação cognitiva *observacional*, aquela em que o impacto se deve à realização de observações, e assim por diante.

Cada um destes tipos merece um estudo especial. Vamos nos limitar a algumas observações.

A transformação cognitiva preditiva corresponde ao efeito Édipo, já mencionado.

A transformação cognitiva observacional – assim como vários outros tipos de transformação cognitiva – é discutida por Nagel em seu livro *A Estrutura da Ciência*, no capítulo dedicado aos problemas metodológicos das ciências sociais. Nagel discute, entre outras coisas, a influência que, nas pesquisas de opinião, a entrevista pode ter sobre as opiniões do sujeito entrevistado. Tendo em vista nossos objetivos, por outro lado, a transformação cognitiva observacional apresenta um problema. A tarefa em que estamos empenhados é a de apresentar a transformação cognitiva como uma diferença entre as ciências humanas e as naturais. No caso da transformação cognitiva observacional, muitas pessoas alegariam que ela não é exclusiva das ciências humanas, ocorrendo também nas ciências naturais. O fundamento desta alegação residiria na mecânica quântica, mais precisamente, nas idéias associadas ao Princípio da Incerteza de

Heisenberg. Esta alegação entretanto só se sustenta se for adotada uma interpretação particular do Princípio da Incerteza, a saber, a interpretação que vincula a incerteza de modo essencial ao processo de observação. Há outras interpretações em que a incerteza é apresentada como algo ontológico, não epistemológico; como algo presente na realidade, independente de existirem ou não observadores e observações. Este tópico faz parte da problemática dos fundamentos da mecânica quântica a qual, como se sabe, é das mais complexas. Sendo assim, vamos nos restringir a constatar que não há acordo entre os *experts*, e declarar nossa adesão a interpretações realistas da mecânica quântica, como a de Einstein. Embora se deva reconhecer que estas deixam algumas questões em aberto, ainda assim são preferíveis às interpretações idealistas, cujas dificuldades a nosso ver são ainda maiores. Sendo adotada uma interpretação realista, não sobra razão alguma para se defender a tese de que a transformação cognitiva observacional ocorre também nas ciências naturais.

O tipo de transformação cognitiva mais importante é com certeza o da transformação cognitiva *teórica*, o qual foi estudado com grande propriedade por Charles Taylor. A maneira usada por Taylor para expressar a tese correspondente consiste em dizer que nas ciências humanas, e apenas nestas, a teorias são *teorias transformadoras*, elas têm a capacidade de transformar seu próprio objeto. Em sua visão, são três as proposições que justificam esta tese.

- 1) Em qualquer sociedade, cada indivíduo tem certas idéias, certas concepções a respeito da sociedade a que pertence: a respeito de suas práticas características, de seus costumes, de suas instituições. A essas concepções Taylor dá o nome de *auto-entendimentos* (*self-understandings*). Estamos nos referindo aqui às pessoas comuns, aos leigos, não a cientistas sociais, ou filósofos. O auto-entendimento, portanto, é parte do senso comum.
- 2) Os auto-entendimentos não são um aspecto secundário, não são um epifenômeno da vida social: eles formam, como Taylor diz, um elemento *constitutivo*, pois, se se alteram, as práticas sociais também são alteradas.
- 3) As *teorias sociais* – ou seja, as teorias produzidas pelos sociólogos, economistas, e cientistas políticos – na medida em que se tornam conhecidas, afetam o auto-entendimento, isto é, afetam as concepções do senso comum sobre a sociedade, e, desta forma, afetam as próprias práticas sociais.

A seguinte passagem de Taylor resume o que a nosso ver é mais fundamental em sua abordagem, no que diz respeito às diferenças

entre as ciências humanas e as ciências naturais. Taylor refere-se à ciência política, mas suas teses valem também, diríamos, para todas as ciências humanas.

Esta é a notável dessemelhança entre a ciência natural e as teorias políticas. Estas podem subverter, fortalecer ou moldar as práticas a que se referem. E isto porque (a) elas são teorias a respeito de práticas, as quais (b) são parcialmente constituídas por certos auto-entendimentos. Na medida em que (c) as teorias transformam este auto-entendimento, elas subvertem, favorecem ou transformam as características constitutivas das práticas. Poderíamos expressar isto de outra maneira afirmando que as teorias políticas não dizem respeito a objetos independentes, como acontece na ciência natural. Nesta, a relação do conhecimento com a prática consiste na aplicação daquilo que se sabe sobre os poderes causais a casos particulares, porém as verdades acerca desses poderes causais nas quais se confia permanecem inalteradas. Esta é a razão para afirmar que a teoria, neste caso, refere-se a um objeto independente. *Na política, por outro lado, a aceitação da teoria pode ela própria transformar aquilo a que a teoria se refere.*

Uma terceira forma de expressar esta idéia consiste em dizer que enquanto na ciência natural a teoria também transforma a prática, a prática que ela transforma não é aquilo a que a teoria se refere. Ela é, neste sentido, externa à teoria. Pensamos nela como uma 'aplicação' da teoria. Mas na política, a prática é o objeto da teoria. *A teoria neste domínio transforma seu próprio objeto.* (TAYLOR, 1996, p.101, itálicos acrescentados)

Pensando agora em termos gerais, ou seja, deixando de lado as distinções entre os vários tipos, vamos dizer que a transformação cognitiva é uma transformação determinada, uma transformação que aponta numa certa direção, a qual depende do conteúdo da teoria, daquilo que a teoria afirma. Pode-se mostrar, por exemplo, através de estudos históricos, que as teorias econômicas clássicas que tomavam como básico o conceito de *Homo economicus*, contribuíram para que, ao longo do desenvolvimento do capitalismo, os seres humanos tenham se transformado numa direção que os fez se aproximar do ideal do *Homo economicus*. Vamos dizer então que nas ciências humanas cada produção teórica tem seu *vetor de transformação*, correspondente à direção em que ela tende a transformar a realidade a que se refere. O vetor de transformação depende, é claro, não apenas do conteúdo, mas também do contexto, das circunstâncias históricas em que a teoria se encontra inserida.

Consideremos agora a pergunta: qual é a relação, em cada teoria, entre seu vetor de transformação e os desejos, intenções e valores daqueles que a defendem? Este é um problema de grandes proporções de

que não vamos poder tratar aqui de forma completa. É possível, por exemplo, que o vetor de transformação de uma teoria seja contrário aos desejos e intenções de seu proponente. Apenas para ilustrar, consideremos um economista que esteja preocupado com a possibilidade de um aumento na taxa de inflação, e que procure alertar as autoridades e a população no sentido de que, se certas medidas não forem tomadas, a inflação vai subir. Em vez do efeito desejado, ou seja, o de fazer com que as medidas sejam tomadas, a divulgação das idéias do economista pode fazer com que os agentes formadores de preços procurem se defender aumentando preventivamente seus preços, e assim fazendo com que a inflação venha a aumentar, em vez de diminuir, como era a intenção do economista.

Bem, em vez de examinar todas as possibilidades que podem existir neste domínio, vamos nos concentrar em um tipo particular de relação entre o vetor de transformação de uma teoria e os desejos, intenções e valores de seus proponentes. Para facilitar a exposição, vamos pensar simplesmente em termos de valores. Vamos dizer então que, nas ciências humanas, um tipo de relação entre o vetor de transformação de uma teoria e os valores de seus proponentes é aquele em que, 1) a relação é de concordância, ou seja, o vetor de transformação corresponde aos valores e, 2) esta correspondência não é reconhecida pelos proponentes da teoria.

Esta segunda característica aparece como algo necessário dentro das concepções naturalistas. O naturalismo adota uma concepção de ciência, supostamente válida tanto para as ciências naturais quanto para as ciências humanas, em que a transformação cognitiva não ocorre, ou seja, em que as teorias não são teorias transformadoras. Mas se as teorias não são transformadoras não há vetor de transformação, e não pode haver uma correspondência deste com os valores sustentados.

Os valores se situam na esfera da normatividade, e a correspondência entre o vetor de transformação e os valores sustentados justifica a afirmação de que, nas ciências humanas, toda teoria tenha um *conteúdo normativo*. No domínio das teorias propostas segundo as concepções naturalistas, tal conteúdo normativo não é reconhecido: os naturalistas propõem suas teorias como tendo a ver apenas com os fatos, como tendo por objetivo apenas *descrever* a realidade tal como ela é, independentemente de nossos desejos, intenções e valores. A esta normatividade não reconhecida vamos dar o nome de *criptonormatividade*. A criptonormatividade portanto é o fenômeno em que as proposições de uma teoria são apresentadas como puramente descritivas, quando na verdade são também normativas.

A forma mais simples de criptonormatividade corresponde ao que se pode chamar de *proposição criptonormativa predicativa*. Uma pro-

posição criptonormativa predicativa é uma proposição da forma 'A é B' que deve ser interpretada como afirmando 'A deve ser B'.

Na epistemologia naturalista, as evidências factuais desempenham o papel central na escolha das teorias. Como esta epistemologia não reconhece o efeito transformador das teorias sobre a realidade, ela não pode incluir o vetor de transformação como um outro fator a ser levado em conta na escolha das teorias. Sendo este efeito reconhecido, está claro que sua qualidade deve ser considerada. Ou seja, se uma teoria tende a produzir certa transformação na realidade, nada mais correto, nada mais racional, que, na avaliação da teoria, se leve em conta se esta transformação é boa ou má, se é algo desejável, ou algo que devemos evitar.

As idéias desta parte da exposição também já foram defendidas por Taylor. Veja-se, por exemplo, a seguinte passagem:

Começando com a ambição de ser teorias do mesmo tipo das teorias da Ciência Natural, elas⁵ na verdade acabam funcionando como teorias transformadoras, como acontece normalmente com as teorias políticas, porém inconscientemente e *malgré elles*. Elas evitam assim a interessante pergunta: 'É esta a correta teoria transformadora?', pois elas não a podem colocar; elas não podem ver que a pergunta deve ser colocada. (TAYLOR, 1996, p.103)

Essas considerações justificam então a afirmação de que, nas ciências humanas, encontram-se proposições da forma 'A é B' que devem ser interpretadas como 'A deve ser B'. A vantagem desta interpretação é que ela traz à luz o conteúdo normativo da proposição, que é ignorado, ou negado por seus proponentes. Trazer à luz este conteúdo nos permite então refletir sobre ele, e avaliar racionalmente se a transformação que a teoria tende a produzir é desejável ou não.

Passemos agora à ciência cognitiva. Na ciência cognitiva os computadores desempenham um papel fundamental, não apenas como uma idéia abstrata, mas também como uma realidade concreta,. Sem os computadores, a ciência cognitiva, tal como a conhecemos, não existiria. A forma primordial em que se manifesta a centralidade dos computadores na ciência cognitiva corresponde à famosa *metáfora computacional* – a idéia de que a mente humana deve ser pensada como um computador digital, e

⁵ No contexto da citação, este 'elas' refere-se a certo tipo de teoria que procura explicar o comportamento político por meio de modelos econômicos. Nós diríamos que a afirmação – com certas restrições, por exemplo, a referente à economia, como Taylor aponta (*op. cit.*, p. 102-103) – vale para todas as teorias das ciências humanas, e vale em particular para a ciência cognitiva cultural — ou seja, a parte da ciência cognitiva que trata dos aspectos culturais da cognição.

explicada em termos computacionais. Expressa de maneira enfática, a metáfora computacional afirma: 'A mente humana é um computador'.

Boa parte das críticas que se fazem à ciência cognitiva pode ser interpretada, em última análise, como contrapondo, à proposição cognitivista 'a mente humana é um computador', sua negação simples 'a mente humana não é um computador'. Tais críticas, ou pelo menos algumas delas, não deixam de ter certa validade. Elas incorrem, todavia, num equívoco que também está presente na ciência cognitiva, e é solidário a seu naturalismo, a saber, o equívoco de considerar a essência do sistema cognitivo humano, e mais especificamente, o quanto esta essência se assemelha à de um computador, como um fato da natureza. Na concepção que defendemos, uma característica fundamental da mente humana é sua plasticidade.⁶

A plasticidade da mente humana não é total, e existem, em particular, aspectos da cognição humana que são naturais e, enquanto tal, dentro de certos limites, imutáveis. Estes podem, e estudados com os mesmos métodos que são utilizados nas ciências naturais. O problema da ciência cognitiva é que ela se propõe a estudar da mesma forma aspectos da cognição que são culturais, e desta forma variáveis ao longo da história das sociedades.

Entre tais aspectos culturais está o da semelhança ou não do sistema cognitivo humano com os computadores. *Pensar de uma maneira mais, ou menos análoga ao funcionamento dos computadores digitais não é uma característica natural da mente humana, é algo que varia de cultura para cultura, e ao longo da história de cada cultura.*

A questão fundamental a que somos levados então é a de se é ou não uma boa coisa, se é ou não desejável que a mente humana, a nossa mente, se torne semelhante aos computadores. O elemento criptonormativo da ciência cognitiva corresponde a uma resposta afirmativa a esta questão. Isto sugere que, para entender corretamente o cognitivismo, devemos interpretar a metáfora computacional como afirmando não *a mente humana é um computador digital*, mas sim '*a mente humana deve ser um computador digital*'.⁷

⁶ Cf. Natureza e cultura, cap. 4 de *Da ciência cognitiva à dialética*.

⁷ Mencionamos há pouco o fato de que muitas das críticas à ciência cognitiva cometem o equívoco de defender uma essência não-computacional da mente humana como se esta fosse um fato de natureza. Um exemplo de uma crítica que não comete este equívoco encontra-se em Dreyfus (1972, p. 280) *What computers can't do*: "A natureza do homem é na verdade tão maleável que pode estar a ponto de mudar mais uma vez. Se o paradigma computacional se tornar tão forte que as pessoas comecem a pensar a respeito de si próprias como aparelhos digitais segundo o modelo da inteligência artificial, então, uma vez que, pelas razões que estive expondo, as máquinas não podem ser como seres humanos, os seres humanos podem se tornar progressivamente como máquinas. [...] Nosso risco não reside no advento de computadores superinteligentes, mas de seres humanos sub-inteligentes."

A inteligência artificial tradicional entretanto – e, junto com ela a metáfora computacional – já perderam boa parte da predominância que tiveram numa primeira etapa do desenvolvimento da ciência cognitiva. Como se sabe, numa sinopse muito rápida, de um lado os impasses da inteligência artificial tradicional, de outro a ascensão do conexionismo, e além disso uma percepção das limitações implícitas nas abordagens que separam a mente da matéria, ou a cognição do corpo, e abstraem das interações físicas dos sistemas cognitivos com o ambiente, todos estes fatores contribuíram para que hoje em dia predomine não a metáfora computacional, mas sim o que se pode chamar, se é que já não foi chamado, de *metáfora robótica*. A metáfora robótica é expressa com todas as letras como o título de uma entrevista concedida por Dennett à revista *Istoé*, e publicada em 1996: *Somos todos robôs*. Interpretada de acordo com o princípio da criptormatividade, ela significa: *Devemos todos nos tornar robôs*. A questão portanto não é mais se computadorização da mente humana é desejável, mas sim se a robotização do homem é desejável.

Algumas das razões que podem fazer com que a robotização do homem seja considerada indesejável são as mesmas que podem nos fazer rejeitar a proposição de que *somos robôs*. Isto nos permite retornar por um momento à dimensão descritiva, para examinar a maneira como Dennett responde aos argumentos contrários à sua tese. Consideremos, por exemplo, a alegação de que robôs não têm sentimentos. Como nós certamente os temos, então não podemos ser robôs. (Ou então, no registro normativo: os robôs não têm sentimentos; como não queremos deixar de ter sentimentos, então não é uma boa idéia nos transformarmos em robôs).

A resposta de Dennett consiste em rejeitar a alegação, afirmando que os robôs certamente podem ter sentimentos – e isto não apenas como uma possibilidade teórica, mas como um projeto cuja realização está bem próxima. Na entrevista mencionada ele declara:

Sim, certamente um robô poderá sentir felicidade, tristeza e dor. Cog, o robô humanóide que estamos construindo no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, em Boston está sendo projetado para ter estas capacidades. (DENNET, 1996, p. 5)

Outras capacidades que Dennett atribui aos robôs incluem: ser consciente; sentir-se parte de uma comunidade; ter valores, e criar seus próprios códigos de ética; sentir respeito e admiração pelos seres humanos; chegar autonomamente ao *cogito*, ao “penso, logo existo”; cometer suicídio, e outras.

Esta liberalidade em relação às capacidades dos robôs é com certeza chocante para o senso comum, e é bem possível que as declarações de Dennett tenham em parte um intuito provocativo. Elas são úteis, entre

tanto, para colocar em questão o *conceito* de robô subjacente à tese robótica de Dennett. Com efeito, se os robôs podem em princípio ter todas estas capacidades, o que está sendo dito quando se afirma que os seres humanos são robôs? É evidente que, dependendo do conceito que se adote, a proposição *somos todos robôs* pode não passar de uma tautologia.

O que gostaríamos de sugerir é que há uma característica dos robôs de que Dennett não pode abrir mão, sob pena de contrariar suas próprias premissas. Esta característica, se por um lado salva sua tese da trivialidade tautológica por outro – é o que pretendemos mostrar – a torna inaceitável. Para descrevê-la, entretanto, é necessário primeiro desenvolver uma nova linha de raciocínio, uma linha que consiste na aplicação do princípio de interpretação da criptonormatividade ao próprio naturalismo.

O naturalismo, segundo nossa definição, é a posição daqueles que negam a existência de diferenças essenciais entre as ciências humanas e as ciências naturais, e sustentam que aquelas devem adotar os mesmos métodos destas. Para expressar esta posição numa forma adequada para a aplicação do tipo de análise que estamos propondo, podemos dizer que ela equivale à proposição: 'o homem é um ser natural'. Se, conforme o nosso modelo, esta é uma proposição criptonormativa, então ela deve ser interpretada como: *o homem deve se tornar um ser natural*. Trata-se agora então não mais da computadorização, ou da robotização do homem, mas de sua *naturalização*.

Mas o que significa a naturalização do homem? Que sentido tem dizer que o homem deve se tornar um ser natural? Dizer que o homem é um ser natural é dizer que ele é parte da natureza, e num certo sentido esta afirmação é verdadeira. De acordo com a concepção mais aceita hoje em dia entre as pessoas educadas, a espécie humana provém de outras espécies de primatas não-humanos, num processo que se desenrolou segundo os princípios da seleção natural. Isto é o que diz a teoria da evolução de Darwin. Nossa origem, portanto, encontra-se na natureza, e neste sentido somos parte dela.

Mas há um outro sentido, evidentemente, em que não somos parte da natureza, e se não fosse assim, se não houvesse algo de não-natural em nós, os próprios termos *natural* e *natureza* perderiam o sentido. Sobre a linhagem das espécies que deu origem à nossa, podemos então dizer: era parte da natureza, e em certo período deixou de sê-lo.

Com isso podemos dar um primeiro passo em direção ao objetivo de explicitar o significado da naturalização do homem. A naturalização do homem significaria, segundo esta linha de pensamento, uma *volta à natureza*.

Parece então que a questão já está resolvida, uma vez que a volta à natureza é um tema bem conhecido, caracterizando na verdade toda uma vertente de críticos da civilização ocidental. É uma tema fortemente associado a Rousseau, por seu elogio do bom selvagem. Esteve muito em voga no movimento *hippie*, inspirando as tentativas (quase sempre malogradas) de formação de comunidades à margem do mundo moderno, isto é, do mundo da indústria, da tecnologia, da ciência, etc. E, de uma forma mais amena, o tema da volta à natureza manifesta-se também na obsessão do movimento ecológico com o *natural*.

Mas será esta a naturalização do homem que diríamos estar contida no *naturalismo*? Certamente não. O naturalismo, no sentido em que estamos empregando o termo, nasce de um entusiasmo com os sucessos do domínio das ciências naturais a partir da revolução científica dos séculos XVII e XVIII, e no contexto da ascensão do capitalismo. Historicamente, aparece como uma vertente do Iluminismo, uma vertente otimista, confiante dos poderes da racionalidade científica para impulsionar o progresso da humanidade. Em relação àquilo que os defensores da volta à natureza criticam, o naturalismo encontra-se certamente do outro lado da cerca. E, nos dias de hoje, em particular se pensarmos no caso da ciência cognitiva, não há dúvida de que a postura básica dos naturalistas é favorável à ciência – isto se expressa já no nome com que foi batizada –, e à tecnologia.

Parece então não fazer sentido atribuir aos naturalistas em geral, e à ciência cognitiva em particular, um conteúdo normativo apontando na direção de uma volta à natureza.

Consideremos melhor a questão. Ao adotar os princípios epistemológicos das ciências naturais para o estudo do homem, o naturalista é levado a conceber o objeto de seu estudo como sendo a natureza do homem, sendo esta natureza pensada como algo fixo, imutável. Ora, aquilo que é fixo, que é imutável, nós não podemos mudar por um esforço de vontade, e conseqüentemente não podemos criticar. Pode-se criticar um costume, uma instituição, uma crença, etc., porque tais coisas podem ser mudadas. Mas não faz sentido criticar fatos da natureza: não faz sentido criticar a lei de gravidade, ou o princípio de conservação da energia, ou o fato de não termos um olho na nuca, para poder enxergar o que vem por trás. Todos estes são aspectos da natureza – da natureza física ou da nossa natureza – que só nos cabe aceitar.

Em conseqüência disso, tomar, como fazem os naturalistas, aspectos do homem que são culturais, e portanto modificáveis, como parte de uma natureza humana imutável, equivale a colocá-los além da possibilidade de contestação, equivale a torná-los *imunes à crítica*.

Neste ponto vamos introduzir um conceito-chave para a análise que estamos propondo. Trata-se do conceito de *segunda natureza*.

Todos sabem o que significa esta expressão. Um padrão de comportamento ou de pensamento, ou seja, um hábito, torna-se uma segunda natureza quando adquire algumas características daquilo que é natural, quando passa a se realizar como que por instinto. A maneira como os homens se cumprimentam corresponde obviamente a um padrão de cultural de comportamento. Mas, em nossa sociedade, por exemplo, quando alguém nos estende a mão reciprocamos o gesto instintivamente, num gesto tão quase tão automático quanto a reação de piscar quando algum objeto perigoso se aproxima de nossos olhos.

O aspecto que torna o conceito de segunda natureza particularmente adequado como instrumento para nossa análise reside no fato de que o processo de transformação de hábitos em segunda natureza, ou seja, por assim dizer, a *segunda-naturalização*, ou *naturalização de segunda ordem*, é ambígua quanto a seu valor: ele tem, por assim dizer, um lado bom e um lado mau.

Muitos processos de aprendizagem consistem na aquisição de certos hábitos, e se completam quando estes se transformam em segunda natureza. Aprender a dirigir é um caso paradigmático. Nas etapas iniciais, o aprendiz tem que pensar conscientemente pensamentos do tipo: *acho que já é hora de mudar para segunda*, ou *não posso me esquecer de pisar na embreagem quando o carro estiver parando*. Já o motorista experiente executa todas as operações necessárias de forma automática, sem precisar pensar sobre o que está fazendo. A vantagem disso é evidente: em termos bem familiares aos cognitivistas, podemos dizer que a transformação dos hábitos que constituem a capacidade de dirigir em segunda natureza permite que o módulo do cérebro/mente responsável pelo pensamento verbal consciente fique liberado, podendo ser utilizado para outras ocupações, tais como ouvir rádio, conversar com outros passageiros, usar o telefone celular, etc. O lado positivo da naturalização de segunda ordem consiste assim da economia de recursos cognitivos que proporciona.

E qual é o lado negativo? O lado negativo consiste em que, ao se tornar segunda natureza, um hábito torna-se também difícil de ser mudado. É por isso que se insiste na importância de um processo de aprendizagem ser bem conduzido, tanto no caso da capacidade de dirigir, quanto, para variar o exemplo, no caso da prática de um esporte como o tênis. Se o aprendiz se acostuma a pegar na raquete de uma maneira errada – mas não tão errada que o impossibilite totalmente de rebater a bola –, então fica muito difícil corrigir este vício mais tarde, permanecendo o desempenho para sempre aquém do que poderia ter sido.

Trata-se de uma questão de dificuldade, naturalmente, uma dificuldade entretanto que no limite torna-se uma impossibilidade. Ou seja, a transformação completa de um hábito em segunda natureza significa que o hábito por assim dizer se petrifica, não podendo mais ser alterado.

Neste ponto a presente linha de raciocínio se entrelaça com a que vínhamos desenvolvendo antes. O resultado deste entrelaçamento consiste na conclusão de que, por se tornar imutável ao se transformar em segunda natureza, um hábito torna-se também imune à crítica.

O conceito de crítica, por outro lado, é inseparável do conceito de racionalidade. Nós exercemos nossa racionalidade quando submetemos nossos costumes, crenças e valores à crítica. Sendo assim, quanto mais nossos costumes, crenças e valores se transformam em segunda natureza, menor fica o domínio em que nossa racionalidade pode se exercer. No limite, quando toda a nossa cultura houver se transformado em segunda natureza, nossa racionalidade terá sido aniquilada.

Para o racionalista, a razão é aquilo que nos separa da natureza – sendo esta separação não necessariamente uma oposição; ela pode se dar com harmonia, desde que esta harmonia não seja confundida com unidade. É a razão que nos distingue dos animais. Porém esta não é uma afirmação válida para todo o sempre.

A respeito da linhagem de espécies que deu origem à nossa, dissemos que era parte da natureza, e depois deixou de sê-lo. Deixou de ser parte da natureza quando nos tornamos racionais. Mas assim como nos tornamos racionais, também podemos deixar de sê-lo. Tal transformação tem pelo menos duas formas concebíveis: a primeira é um retorno a uma primeira natureza, à natureza primordial, de onde viemos – o qual é impossível, se aceitarmos a máxima de que não se pode girar para trás as rodas da história. A segunda consiste num avanço em direção a uma segunda natureza, e este sim é um caminho possível; é, como procuramos mostrar, o caminho para o qual aponta o naturalismo. Este então é o significado da naturalização que o naturalismo promove.

Para o racionalista, a conclusão é clara: a naturalização de segunda ordem, ou seja, o avanço em direção a uma segunda natureza, não menos que a volta à natureza primordial, significa uma queda no irracionalismo. O naturalismo, portanto, é uma forma de irracionalismo.

Com isso podemos voltar ao tópico da robotização. O que pretendemos sugerir agora – e esta é a etapa final do percurso – é que a robotização do homem é apenas uma das maneiras em que a naturalização pode se manifestar. A mediação é feita, de novo, pelo conceito de segunda natureza.

Num motorista experiente, como já observamos, os padrões de comportamento necessários para dirigir eficientemente um veículo tornam-se uma segunda natureza. De suas ações, por outro lado, podemos dizer que são realizadas *automaticamente*. É isto, naturalmente, que permite que pilotos de avião e navio – e talvez, no futuro, de carros também – sejam substituídos por *pilotos automáticos*. Mas a idéia de automação remete à de autômato, e ‘autômato’, salvo distinções mais refinadas, é sinônimo de ‘robô’.

Um caso extremo de naturalização de segunda ordem é o do operário em linha de montagem, e é isto, evidentemente, que permite sua substituição por robôs.

Mas a naturalização de segunda ordem, por outro lado, é a condição necessária para que qualquer padrão de comportamento ou aspecto dos seres humanos seja estudado naturalisticamente, ou seja, segundo os princípios em vigor nas ciências naturais.

As atribuições de capacidades aos robôs por parte de Dennett, de um lado, e as considerações que acabamos de expor, de outro, sugerem que o conceito de robô subjacente à sua afirmação de que somos todos robôs é a seguinte: *um robô é um ser que pode ser estudado de acordo com os princípios epistemológicos das ciências naturais*. Pode ser estudado como parte da natureza, e com auxílio das demais ciências naturais – das quais derivam, na verdade, todas as tecnologias utilizadas em sua construção.

Os motivos para rejeitar a robotização defendida por Dennett são desta forma os mesmos que se opõem à naturalização do homem: ambos os processos, como já mostramos para a naturalização, implicam numa queda no irracionalismo.

Referências

- DENNETT, D. Somos todos robôs. Entrevista a *Istoé*. [nov. 1996]. São Paulo: Editora Três, p. 5-7.
- DREYFUS, H. L. *What computers can't do: a critique of artificial reason*. Nova York: Harper and Row, 1972.
- MARCUSE, H. Ecology and the critique of modern society. Tradução alemã. JANSEN, P.E (Org.), *Befreiung denken – ein politischer Imperativ*. 2. ed. Offenbach/Main: Verlag 2000, 1990. Manuscrito inédito de uma palestra proferida na Califórnia em 1977.
- NAGEL, E. *The structure of science: problems in the logic of scientific explanation*. Nova York: Harcourt, 1961.
- OLIVEIRA, M. B. *Da ciência cognitiva à dialética*. São Paulo: Discurso, 1999.

POPPER, K. R. *A miséria do historicismo*. Tradução de Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. São Paulo: Cultrix, 1980.

_____. *A sociedade aberta e seus inimigos*. Tradução de Milton Amado. São Paulo: EDUSP, 1974.

_____. *Autobiografia intelectual*. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octanny S. da Mota. São Paulo: Cultrix, 1977.

_____. *Conjecturas e refutações*. Tradução de Sérgio Bath. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, [19--].

TAYLOR, C. *Human agency and language*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. (Philosophical papers, v. 1).

_____. *Philosophy and the human sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. (Philosophical papers, v. 2).

_____. Social theory as practice. In: _____. *Philosophical papers*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. v. 2, p. 91-115.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONCEITO CARTESIANO DE MEMÓRIA: UM CONVITE AO ESTUDO INTERDISCIPLINAR NAS CIÊNCIAS COGNITIVAS

Mariana Claudia BROENS¹

Em seu texto *A nova ciência da mente*, Howard Gardner aponta as contribuições que a filosofia e, particularmente, a história da filosofia podem oferecer aos estudos cognitivos contemporâneos. Segundo ele, uma vez que o tema do conhecimento foi o alvo principal da filosofia desde suas origens, é preciso considerar suas estruturas conceituais e as formulações propostas para os problemas. Com efeito, o autor afirma:

justamente porque o papel da filosofia nas ciências cognitivas é discutível, é útil investigar a história mais antiga da filosofia. Somente um estudo deste tipo será capaz de provar que os cientistas cognitivistas - quer eles tenham ou não consciência plena disto - estão empenhados em atacar aquelas questões que já foram antes identificadas por filósofos muitas décadas, ou mesmo muitos séculos, atrás. (GARDNER, 1995, p. 58)

A importância de revisitar a história da filosofia trata-se de uma sugestão, o autor reconhece, com a qual discordariam muitos cientistas cognitivos, sobretudo aqueles que entendem sua área do conhecimento como âmbito em que não há espaço para a investigação puramente conceitual própria do labor filosófico.

Os cognitivistas (avessos à possibilidade de a filosofia ser capaz de desempenhar algum papel no estudo dos mecanismos mentais e na criação de modelos que simulem esses mecanismos) parecem considerar o percurso da história da filosofia, suas formulações do problema do pensamento e as respostas sugeridas apenas como uma sucessão de fracassos, talvez até bem intencionados, mas equivocados por princípio, dada a natureza especulativa de suas análises.

Por outro lado, os filósofos e os historiadores da filosofia podem questionar a própria legitimidade do empreendimento cognitivista, alegando que não há quaisquer demonstrações conclusivas de que as atividades da mente possam ser considerados fenômenos físicos ou mecanicamente reproduzíveis ou simuláveis.

¹ Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências - Unesp - Campus de Marília. E-mail: mbroens@marilia.unesp.br

Como resultado da discussão, entretanto, devemos considerar que o diálogo entre a história da filosofia e as ciências cognitivas está estabelecido, mesmo que de cunho crítico e que tenha surgido possivelmente quase que à revelia de ambas as partes.

Para que tal diálogo possa ser profícuo, talvez deva ser estabelecido sobre outras bases: nem a história da filosofia pode esquecer que, ao longo de sua construção, a filosofia sempre dialogou com as diferentes áreas da ciência, nem as ciências cognitivas podem esquecer que preterir a história da filosofia pode significar abrir mão de um conjunto valioso de informações e análises sobre problemas teóricos que se recolocam. Um dos mais relevantes temas tratados pelas investigações cognitivistas diz respeito ao estudo da memória e sua relação com os processos inteligentes.

Consideramos que uma investigação do conceito de memória tal como foi tratado ao longo da história do pensamento é imprescindível para evitar simplificações e para aprofundar a compreensão dos mecanismos mentais.

Assim, trataremos do conceito cartesiano de memória, não apenas por ser Descartes um autor considerado estratégico na estruturação do pensamento moderno, mas sobretudo por lançar as bases da abordagem racional da relação mente/corpo, problema cuja elucidação é um dos alvos primordiais da Filosofia da Mente.

Quando Descartes inicia sua investigação sobre a fundamentação do conhecimento na *Primeira Meditação*, já aparece a noção de memória, embora com conotação negativa. Ao apontar a necessidade de libertar-se das opiniões preconcebidas que até então considerara verdadeiras, propõe-se a renegar todo um aparato conceitual e metodológico - baseado na experiência imediata do mundo - incapaz, segundo ele, de sustentar com firmeza o edifício do saber.

Essa memória da falsidade, efeito do erro primordial de considerar o conhecimento como resultado da experiência perceptiva, só pode ser combatida com um esforço proporcional à eficácia mentirosa do universo opinativo, mas que trabalhe na direção oposta. Combatendo fogo com fogo, Descartes luta contra a lembrança do erro opondo-lhe a lembrança do acerto.

Assim, apesar dos argumentos apresentados justificarem, segundo Descartes, a suspensão do juízo em relação à experiência como fundante do conhecimento verdadeiro, a memória das "antigas e ordinárias opiniões" empurra a razão para fora do reto caminho da verdade (construído a duras penas ao sacrificar o mundo, o próprio corpo e as certezas matemáticas). Para evitar tal desvio da retidão reflexiva, Descartes aponta:

[...] não basta ter feito tais considerações, é preciso ainda que cuide de lembrar-me delas; pois essas antigas e ordinárias opiniões ainda me voltam amiúde ao pensamento, dando-lhes a longa e familiar convivência que tiveram comigo o direito de ocupar meu espírito mau grado meu e de tornarem-se quase que senhoras de minha crença. (DESCARTES, 1983, p. 88)

Poderia parecer que, enquanto arma para destruir os preconceitos que impedem a produção de um saber claro e distinto, a memória deveria ocupar uma posição de respeito dentro do sistema, o que parece correto considerando a quarta regra, tal como é exposta na *Segunda Parte do Discurso do método*, e segundo a qual é necessário fazer constantes enumerações e recapitulações de modo a não permitir o esquecimento de qualquer um dos elos da corrente argumentativa. Em outras palavras, o uso metódico da memória permite o exercício reflexivo e é a atividade intelectual que mais se assemelha ou mais se aproxima da intuição racional das idéias simples.

No entanto, ainda nas *Meditações*, depois de alcançar a certeza da existência do **eu**, buscando aprofundar o conhecimento desse eu, cuja existência é indubitável, mas cujos atributos precisam ser clara e distintamente definidos, Descartes passa a enumerar as faculdades do pensamento. Nessa enumeração, embora apareçam as faculdades de duvidar, conceber, afirmar e negar, querer e não querer, imaginar e até sentir, não aparece a capacidade de lembrar como faculdade reflexiva, apesar de ser reiterada a necessidade de manter a lembrança das certezas já conquistadas.

A memória, curiosamente, embora indispensável na aplicação do método no encadeamento das razões, não é explicitamente considerada uma atividade da *res cogitans*. Sem ela, porém, a razão disporia apenas de elos isolados sem qualquer relação lógica mútua ou, a rigor, a razão iria sucessivamente perder no esquecimento as etapas da argumentação como um passante que, ao olhar atrás de si, não lembrasse o caminho percorrido ou, melhor, visse o caminho desaparecer.

Podemos inferir que na doutrina cartesiana há uma memória puramente intelectual pressuposta na operação de todas as faculdades cognitivas e volitivas da substância pensante, embora não tenha sido assim reconhecida pelo próprio Descartes ao longo de sua argumentação.

Há, pois, uma certa ambigüidade na concepção cartesiana de memória, na medida em que, a despeito dela desempenhar um papel inequívoco na aplicação do método e, portanto, nos movimentos racionais na determinação de certezas, as únicas referências explícitas à atividade mnemônica referem-se a uma memória puramente mecânica cujo funcionamento Descartes descreve, como veremos, em *As paixões da alma*.

Talvez possamos compreender com mais clareza este problema se considerarmos alguns dos argumentos expostos sobre a relação corpo/alma inicialmente nas *Meditações* e, em seguida, em *As paixões da alma*.

Na *Sexta Meditação*, Descartes apresenta os célebres argumentos que mostram, primeiro, a distinção substancial do corpo e da alma e, em seguida, sua união. De início, ele prossegue a argumentação já delineada desde a *Segunda Meditação*, apontando a distinção substancial entre ambos. A propriedade essencial da alma é ser puro pensamento. A alma independe do corpo ou das percepções sensíveis para reconhecer sua essência de coisa pensante, tendo sido necessário, inclusive, abrir mão metodicamente da experiência perceptiva sentida pelos órgãos do corpo para alcançar a certeza de sua própria existência. Por outro lado, embora substancialmente distintos, alma e corpo compõem uma unidade, na medida em que as percepções sensíveis foram restabelecidas e dignificadas pelo *cogito*, elas mostram, agora com clareza e distinção, que existe o corpo e que a alma não está nele simplesmente “[...] como um piloto em seu navio, mas que, além disso, [acrescenta referindo-se, na primeira pessoa, à *res cogitans*] lhe estou conjugado muito estreitamente e de tal modo confundido e misturado, que componho com ele um único todo” (DESCARTES, 1983, p. 136). Dessa forma, uma vez que corpo e alma são indubitavelmente existentes e uma vez que determinados estados do corpo são sentidos ou percebidos pela alma, a coisa pensante e a coisa extensa são em si indissociáveis.

Contudo, a demonstração cartesiana da unidade da alma e do corpo é indireta e, mais, decorre das próprias percepções: a dor, por exemplo, que sentimos no corpo ao feri-lo permite não um reconhecimento intelectual da ferida, mas uma sensação física dela.

Ao comentar a passagem da *Sexta Meditação* que trata da distinção do corpo e da alma, Lebrun aponta que, quando Descartes começa a pôr em evidência a incompatibilidade de ambos — por ser o corpo extenso divisível e por ser a alma indivisível —, implicitamente está admitindo que sua união não pode ser compreendida, mas apenas constatada e descrita (DESCARTES, 1983, p. 139, nota 2). É, justamente, tal união que Descartes passa efetivamente a descrever, ao apontar:

Noto também que o espírito não recebe imediatamente a impressão de todas as partes do corpo, mas somente do cérebro, ou talvez mesmo de uma de suas menores partes, a saber, aquela onde se exerce a faculdade que chamamos de senso comum, a qual, todas as vezes que está disposta da mesma maneira, faz o espírito sentir a mesma coisa [...] (DESCARTES, 1983, p. 139-140).

A glândula pineal aparece como a parte do cérebro onde a alma exerce suas funções mais particularmente, como Descartes aponta em *As paixões da alma* e no *Tratado do homem*. Como sabemos, a atribuição desse papel à glândula decorre de dois motivos básicos: a sua mobilidade (que permite, para Descartes, que os espíritos animais, essas “partes mais vivas e sutis do sangue” com funções sensoriais e motoras, sejam empurrados, literalmente, às diferentes regiões do cérebro) e a sua unicidade (pois, ao contrário da quase totalidade das demais partes aparentes do cérebro, a glândula pineal não é dupla, razão pela qual seria capaz de exercer a tarefa de unificar os dados sensíveis colhidos pelos órgãos dos sentidos, também duplos, tarefa obviamente indispensável para a formação de nossas representações intelectuais).

As representações intelectuais ou idéias ficam, pois, fisicamente impressas em diferentes partes do cérebro e cabe à memória, enquanto atividade *mecânica* resultante de um ato voluntário, rastrear tais impressões até localizar a parte específica do cérebro onde está localizada a representação, isto é, até alcançar a lembrança.

Em *As paixões da alma*, mais precisamente em seu artigo 42, Descartes afirma:

[...] quando a alma *quer lembrar-se de algo*, essa vontade faz com que a glândula, inclinando-se sucessivamente para diversos lados, impila os espíritos para diversos lugares do cérebro, até que encontrem aquele onde estão os traços deixados pelo objeto de que queremos lembrar, pois esses traços não são outra coisa senão os poros do cérebro, por onde os espíritos tomaram anteriormente seu curso devido à presença desse objeto, e adquiriram, assim, maior facilidade que os outros, para serem de novo abertos da mesma maneira pelos espíritos que para eles se dirigem [...] excitando, por esse meio, um movimento particular da glândula, que representa à alma o mesmo objeto e lhe faz saber que se trata daquele de que queria lembrar-se. (DESCARTES, 1983, p. 233, *itálicos nosso*)

Constatamos no texto acima que Descartes reconhece que a ‘lembrança voluntária’ constitui uma propriedade da alma,² enquanto que a lembrança involuntária (como, por exemplo, a das antigas opiniões e vícios

² A relação da vontade com a determinação do verdadeiro aparece na *Quarta Meditação* quando Descartes aponta que a causa do erro não pode mais ser atribuída à malignidade proposital de um deus enganador, mas à desproporção existente entre nosso infinito *querer* conhecer e a finitude de nossas faculdades cognitivas. Nossa desmedida ‘vontade de saber’ acaba, segundo Descartes, por desviar a razão do reto caminho traçado pelo método. Aparentemente, porém, a vontade também desempenha um papel positivo nas atividades do *cogito*: servir como motor para a lembrança que permitirá recuperar a impressão deixada no cérebro pela imagem percebida dos corpos extensos. Sem a possibilidade de recuperar tais impressões, o conhecimento do mundo não seria possível.

intelectuais de que queremos livrar-nos, muitas vezes sem sucesso) poderia ser explicada como resultado dos movimentos da glândula pineal na busca do sítio exato em que se encontra a representação que se procura.

Ademais, há também, segundo Descartes, um outro tipo de memória ainda mais elementar, que ocorre no plano das habilidades motoras em geral, à qual se refere, por exemplo, na *Carta a Meyssonier de 29 de janeiro de 1640*, em que Descartes faz alusão a uma memória do corpo espalhada por todos seus membros, isto é, "... como a habilidade do instrumentista ao tocar o alaúde não está somente na cabeça, mas também em parte nos músculos de suas mãos, etc".³

Na doutrina cartesiana parece haver, então, duas espécies de memória: uma memória não-mecânica, subjacente a todas as atividades cognitivas exercidas metodicamente pela substância pensante, e outra memória mecânica que, por sua vez, subdivide-se em duas: a primeira, como vimos, enquanto capacidade de recuperar voluntariamente representações intelectuais impressas no cérebro e a segunda diretamente ligada ao controle do movimento corporal que permite o acúmulo de habilidades motoras.

No segundo caso, o das 'memórias mecânicas', nada mais de acordo à lógica do sistema que excluir a memória dentre as faculdades próprias à *res cogitans*. Mas o mesmo não ocorre no primeiro caso, no qual a memória parece ser constitutiva da alma e, mais, poderíamos acrescentar, no qual a memória intelectual é condição de possibilidade para o exercício das faculdades cognitivas em geral.

Na *Carta a Mersenne de 1º de abril de 1640* e na *Carta a Huygens de 13 de outubro de 1642*, Descartes faz referência a esse tipo de memória que denomina "intelectual" e que "... depende tão somente da alma".⁴

Descartes não explicita em que consiste essa memória intelectual, tem-se apenas, como apontamos, indicações sobre a lembrança necessária para manter a ordem das razões no encadeamento lógico do raciocínio. Tal omissão, porém, não nos parece decorrer nem de uma desatenção involuntária, nem de um escamoteamento proposital com o objetivo de ocultar um eventual ponto de tensão em seu sistema.

Essa memória intelectual talvez não seja explicada na obra de Descartes porque não poderia sê-lo, e não poderia sê-lo possivelmente na mesma medida e pelos mesmos motivos que impedem a compreensão racional da união substancial entre o corpo e a alma em sua doutrina.

³ DESCARTES, R. *Lettre a Meyssonier*. V. III, p. 20. ed. A.T.

⁴ DESCARTES, R. *Lettre a Mersenne*. V. III, p. 48, ed. A.T.

Assim, o que sugerimos é que se considere a memória e sua curiosa posição no sistema cartesiano – ora como atividade corpórea, ora como atividade do intelecto, ora explicada como a possibilidade mecânica de preservar representações intelectuais ou repetir gestos, ora simplesmente não explicada – como mais um elemento demonstrativo, necessariamente indireto, de que a união substancial entre o corpo e a alma acaba por constituir, de fato, uma terceira substância.

O problema posto pela falta de “clareza e distinção” da noção de memória no sistema cartesiano revela uma fragilidade da concepção dualista, pois a memória estaria também localizada numa região nebulosa entre as substâncias pensante e extensa. O **eu** poderia recordar graças a essa capacidade tanto física quanto intelectual que guardaria a lembrança das representações e permitiria seu encadeamento metodicamente ordenado. Mas devemos admitir que os problemas presentes na doutrina cartesiana da memória geraram um sem número de interrogações,⁵ as quais ainda estão em discussão (é claro que sem o reconhecimento dos cognitivistas) nos atuais debates da Ciência Cognitiva e da Filosofia da Mente.

A sugestão deixada aqui é que possivelmente tais discussões tivessem um rumo melhor definido se, com a ajuda dos filósofos, os cognitivistas voltassem seu olhar para a estrutura geral, bem como seus fundamentos, dos temas que eles abraçam com diferentes rótulos. Da mesma forma, os filósofos voltados à discussão da natureza do conhecimento precisariam reconhecer os limites de uma análise puramente especulativa do problema.

Por tais razões, entendemos que uma abordagem interdisciplinar permitiria a ampliação das análises a partir de perspectivas teórico-metodológicas distintas. Desse modo, os diferentes campos de saber poderiam complementar-se e auxiliar-se mutuamente na árdua tarefa de investigar a natureza da mente e dos processos cognitivos.

Referências

DESCARTES, R. *Œuvres de Descartes*. Edição Ch. Adam e P. Tannery. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1957. v.11.

⁵ Um dos questionamentos que pode ser feito diz respeito ao problema da identidade pessoal: sem uma definição clara da faculdade de registrar e preservar as lembranças do indivíduo, não se terá uma concepção apropriada do processo de formação de sua identidade. Ao carecer de uma doutrina coerente de memória, Descartes deixa em aberto este problema, embora em geral se considere que a análise introspectiva proposta pelo filósofo dê conta de garantir a formação da identidade individual.

DESCARTES, R. *Meditações, Discurso do método. Meditações. Objeções e respostas. As paixões da alma*. Tradução de B. Prado Júnior e J. Guinsburg. Prefácio e notas Gérard Lebrun. 3. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os Pensadores).

COTTINGHAM, J. *Dicionário Descartes*. Tradução de Helena Martins. Rio de Janeiro: Zahar, 1995.

GARDNER, H. *A nova ciência da mente*. Tradução de Marcos Barbosa de Oliveira. São Paulo: EDUSP, 1995.

GUEROULT, M. *Descartes selon l'ordre des raisons*. Paris: Aubier, 1953. 2v.

SUPORTE BIOLÓGICO DOS
PROCESSOS COGNITIVOS

BREVE HISTÓRICO DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA

Alfredo PEREIRA JÚNIOR¹

A formação da *neurociência*

Seguindo os passos dos pioneiros do estudo moderno do cérebro no século XIX, como Muller, Hughlings-Jackson e Broca, a pesquisa sobre o cérebro na primeira metade do século XX foi caracterizada por um progresso nas áreas de neuroanatomia – onde se destaca o monumental trabalho descritivo de Ramon y Cajal, neurofisiologia – os esforços de Adrian (1926) para entender o “código neural”, psicologia experimental, que se concentrou no estudo da aprendizagem associativa (por exemplo, condicionamento pavloviano) e psicofísica (isto é, a busca pelas leis físicas da percepção).

Um grande avanço na neuropsicologia (o estudo da correlação entre atividade cerebral e fenômenos psicológicos) foi proporcionado através do trabalho experimental com o eletroencefalograma (GERARD; LIBET, 1940), e com eletrodos invasivos em animais experimentais (em alguns casos, também em humanos durante uma cirurgia cerebral). O conhecimento em neuropsicologia foi desenvolvido principalmente com estudos de efeitos de lesões e outras metodologias utilizadas em animais experimentais (por exemplo, as experiências de Lashley com roedores, republicadas em Lashley, 1960; ver também Sperry, 1950) e pacientes médicos humanos (por exemplo, os estudos de PENFIELD e BOLDREY, 1937).

Os primeiros modelos computacionais do cérebro se inspiraram na lógica filosófica e na arquitetura do sistema nervoso (MCCULLOCH; PITTS, 1943; HEBB, 1949). O estudo experimental de Hodgkin e Huxley (1952), que propuseram um modelo matemático da atividade da membrana neuronal, no princípio dos anos cinquenta, veio a definir as bases teóricas da neurofisiologia contemporânea (vide p. ex. RALL; RINZEL, 1973).

O Simpósio de Hixon, ocorrido no Instituto de Califórnia de Tecnologia em 1948, mostrou um quadro interessante das principais questões teóricas enfrentadas pelos cientistas naquele momento. Tendo o tema geral *Mecanismos Cerebrais em Comportamento*, recebeu contribuições de J. von Neumann (1951), K.S. Lashley (1960), W. Kohler (1951), e W.S. McCulloch (1951), e outros. As discussões ali ocorridas ilustram alguns dos

¹ Departamento de Educação – Instituto de Biociências de Botucatu – Unesp – Campus de Botucatu- e-mail: apj@ibb.unesp.br

temas de importância para a epistemologia da neurociência cognitiva: a natureza do processamento de informação no sistema nervoso, e as diferenças entre computações naturais e artificiais.

O Manual de Fisiologia, seção Neurofisiologia, publicado em 1960 pela Sociedade de Fisiologia americana (FIELD; MAGOUN; HALL, 1960), apresentou um painel do estado de conhecimento sobre o cérebro naquele momento. Sob o título *Neurofisiologia Geral*, a diversidade de aspectos da função cerebral foi discutida pelos contribuintes, cobrindo questões epistemológicas e psicológicas. O Manual incluiu artigos sofisticados nas áreas de percepção (por H.L. TEUBER), integração do conhecimento (R. GERARD), memória (R. GALAMBOS), consciência (D.B. LINDSLEY), fala (O.L. ZANGWELL), história da neurociência (M.A. BRAZIER), pensamento (W.C. HALSTEAD) e psicossomática (P.G. MACLEAN). Em retrospecto, a principal diferença frente à neurociência cognitiva contemporânea não era a faixa de abrangência dos temas, mas a falta de uma abordagem sistemática das funções cognitivas de uma perspectiva neurofisiológica.

Nos anos sessenta, o desenvolvimento de biologia molecular tornou possível o progresso do conhecimento sobre a bioquímica da sinapse. Ao mesmo tempo o estudo do sistema visual, seguindo a abordagem proposta por Lettvin et al. (1959) e, principalmente, a teoria de campos receptivos desenvolvida por Hubel e Wiesel (1962; 1968), se tornou um paradigma no estudo da percepção. A distinção entre duas vias de processamento da informação visual era também proposta (SCHNEIDER, 1969). Estudos de efeitos de lesões em neuropsicologia se refinaram, através da distinção entre diferentes tipos de memória (procedural, declarativa) e sua relação com determinadas estruturas cerebrais, em especial o hipocampo (MILNER; CORKIN; TEUBER., 1968). Teorias abrangentes sobre aprendizagem e memória também começaram a ser propostas (WALTER, 1963; ROY JOHN, 1967; SOKOLOV, 1975).

A integração de níveis diversos de conhecimento sobre o cérebro foi propósito de um grupo interdisciplinar patrocinado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, o *Neurosciences Research Program*, fundado em 1962. O grupo organizou em 1966 uma conferência de quatro semanas na Universidade de Colorado, com 153 participantes, que gerou o primeiro volume da série *The Neurosciences*, contendo 64 das 65 conferências realizadas. Nas palavras de seus organizadores, “a conferência avançou significativamente na unificação das diversas neurociências, e chamou a atenção para o amplo espectro de oportunidades emergentes para os pesquisadores pioneiros” (QUARTON; MELNECHUK, 1967). No Prefácio para o volume, Schmitt mencionou entre as dificuldades de entendimento do cérebro “a tendência dos cientistas para guardar as opiniões e especulações formadas

a partir de um trabalho árduo (e) a aproximação de especialistas que não vêem a floresta devido às árvores" (SCHMITT, 1967). De fato, seu esforço contribuiu para a disseminação da idéia de neurociência como um campo interdisciplinar de pesquisa.

Observando a evolução dos temas nos quatro volumes da coleção *The Neurosciences*, resultado das conferências organizadas pelo *Neurosciences Research Program*, pode-se vislumbrar o caminho que conduziu à neurociência cognitiva contemporânea. O primeiro volume continha as seguintes seções: Componentes do Sistema Nervoso, Biologia Molecular, Biologia Molecular de Células do Cérebro, Fisiologia do Neurônio, Correlatos Cerebrais de Funções Comportamentais, Correlatos Neurais da Aprendizagem, e Tópicos Interdisciplinares. Os que atualmente chamamos de *questões cognitivas* eram então subsumidas sob o rótulo de *comportamental*. A novidade era que a procura por correlações entre fenômenos neuronais e comportamentais foi levada a sério, como sendo uma parte essencial da neurociência.

O segundo volume, publicado em 1970, exibe a mesma tendência epistemológica. No prefácio à seção *Determinantes da Plasticidade Neural e Comportamental, e de Funções Psicológicas Complexas*, diz Quarton que

de fato, não temos uma explicação adequada, em termos de eventos no cérebro, para quaisquer desses processos mentais complexos que parecem tão reais subjetivamente e são tão discutidos pela psicologia [...] (porém - APJ) a psicologia fisiológica agora tem se dedicado em grande parte à procura de mecanismos cerebrais que se correlacionam com o comportamento observável em animais de laboratório. (QUARTON, 1970)

Embora mostrando ceticismo sobre uma abordagem neurocientífica da mente, Quarton incorporou dois temas psicológicos novos na seção: *emoções e temperamento* (artigos redigidos por S.S. Kely e P. MacLean), e *comunicação e linguagem* (por D. Ploog e E. Lennenberg). A preocupação em relacionar cérebro e comportamento também está presente no artigo *O Cérebro e o Comportamento Humano* (1976) onde Hans-Lukas Teuber, fundador do Departamento de Psicologia do MIT (mais recentemente, Department of Brain and Cognitive Sciences), propôs uma metodologia para a neuropsicologia baseada na integração de três fontes de dados: estudos dos efeitos de lesões, medidas anatômicas e fisiológicas, e aspectos comparativos e desenvolvimentais.

O *Neurosciences Research Program* publicou uma série de boletins, onde estudos clássicos realizados nos anos sessenta e setenta foram discutidos. Um exemplo é o 15º Boletim (POPPEL, HELD; DOWLING,

1977), dedicado ao tema “Mecanismos Neuronais na Percepção Visual”. A Introdução escrita por Poppel discute três níveis de complexidade na relação entre mecanismos neuronais e fenômenos perceptuais. No nível inferior, diz ele, “nós estamos tentando correlacionar fenômenos psicofísicos com certos aspectos estruturais do sistema nervoso. Por exemplo, explicamos a acuidade visual em áreas diferentes do campo visual pela densidade de receptores em áreas diferentes da retina”. O nível mais alto reflete “a meta final em nossa pesquisa em visão... entender os mecanismos neuronais subjacentes à percepção de padrões. Nós queremos saber como é possível ver um círculo como um círculo, ou uma face como uma face. No nível intermediário de relações, nós queremos entender as operações neuronais que apóiam a percepção de padrões... (como as) operações que garantem a identidade perceptual de objetos no contexto de um estímulo variável” (POPPEL, 1977). Tal distinção de níveis vai além da preocupação prévia em se correlacionar mecanismos neuronais e comportamento. A idéia de percepção de padrões antecipa o atual conceito de processo cognitivo, e o nível intermediário de análise está próximo do programa de pesquisa proposto por D. Marr e T. Poggio (1976) – aos quais Poppel se referiu ao término do texto – antecipando a proposta de uma neurociência computacional dos anos 90.

Um outro grande avanço na correlação entre atividade cerebral e funções cognitivas, na década de 70, foi o paradigma das *place cells* desenvolvido por O’Keefe e Nadel (1978). Estes autores conseguiram correlacionar a atividade de pequenos grupos de células do hipocampo de roedores com a função cognitiva de orientação espacial. Este exemplo serviu de base para outros experimentos com eletrodos invasivos em animais experimentais, levando por exemplo à identificação da função visual de neurônios no córtex pré-frontal de primatas.

A metamorfose para *neurociência cognitiva*

O pano de fundo teórico para a abordagem cognitiva na neurociência se estabeleceu nos anos oitenta, com o aparecimento da área de ciências cognitivas, abrangendo a psicologia cognitiva, psicolinguística e inteligência artificial. Tal configuração teórica proveu ferramentas conceituais novas e novas possibilidades de experimentação (tarefas cognitivas mais precisas e complexas, gerando dados psicológicos para serem correlacionados com medidas da atividade neuronal). Porém, com a exceção dos trabalhos no emergente paradigma conexionista, a neurociência e as ciências cognitivas seguiram linhas independentes de desenvolvimento. Em 1991, A. Trehub notava que “a comunidade de ciência cognitiva costuma afirmar que a neurociência tem pouco para contribuir à teoria cognitiva, porque não tem

produzido um corpo substancial de conhecimentos pertinente aos processos cognitivos” (TREHUB, 1991, p.1). A interessante tese de seu livro era que “agora temos conhecimento suficiente da fisiologia das células nervosas e da estrutura do cérebro para avançar a formulação teórica de mecanismos possíveis que podem responder pelas competências básicas de cognição humana, e, ao mesmo tempo, satisfazer exigências razoáveis de plausibilidade dentro das restrições anatômicas e fisiológicas” (p. 1-2).

No começo do anos noventa, diversos esforços se dirigiram no sentido de se promover a metamorfose da neurociência e ciências cognitivas em “neurociência cognitiva”. Alguns deles foram as reuniões científicas que conduziram à coleção editada por M. Gazzaniga (1995), e as reuniões anuais da Sociedade de Neurociência Cognitiva. De início, persistia a ambigüidade sobre a relação entre neurociência e ciências cognitivas. Seria a neurociência cognitiva a parte das ciências cognitivas que trabalha com modelos inspirados na neurociência, ou a parte da neurociência interessada no estudo de processos cognitivos? Apesar de tal ambigüidade, a tendência para uma abordagem sistemática da base neurobiológica das funções cognitivas abriu espaço para novas áreas de pesquisa, correspondendo às seguintes seções na coleção de Gazzaniga: Estratégia e Planejamento, Atenção, Imagens Mentais (*Imagery*), e Perspectivas Evolutivas.

Uma revisão histórica das origens da neurociência cognitiva foi escrita por Kosslyn e Anderson, na Introdução Geral para *Frontiers in Cognitive Neuroscience* (1994). Eles afirmaram que a “neurociência cognitiva surgiu quando os investigadores conceberam a função do cérebro de uma perspectiva nova. Esta perspectiva brotou de uma confluência de descobertas e idéias em três disciplinas mais velhas, isto é, neurociência (especificamente neuroanatomia e neurofisiologia), psicologia experimental e ciência computacional” (p.xx). Na neurociência cognitiva o papel dos estudos comportamentais é considerado ainda uma pedra fundamental:

A abordagem da neurociência cognitiva pode ser esquematizada por um triângulo. No topo do triângulo está o comportamento, e nos vértices inferiores estão neurociência e computação[...] Assim as ciências do comportamento desempenham um papel crítico na neurociência cognitiva: psicologia cognitiva, lingüística, psicofísica e disciplinas relacionadas provêem descrições detalhadas do que o cérebro faz” (KOSSLYN; ANDERSON, 1994, p. xxiii).

A inclusão de estudos cognitivos do comportamento é o que faria a neurociência “cognitiva”: “A neurociência sofreu uma divisão; a parte desta área que se ocupa com o comportamento se alinha agora de perto com a neurociência cognitiva, e a outra parte enfoca o cérebro por seus próprios méritos” (p. xxiv).

Na visão de Kosslyn e Anderson, precisamos frequentemente de modelos computacionais para entender como o cérebro funciona, e a partir daí fazer previsões: “modelos de redes neurais permitem aos investigadores descobrir como tipos específicos de entradas de informação (“inputs” APJ) engendram tipos específicos de saídas (“outputs”- APJ)” (p. xxiii). Tal proposta implica uma revisão da distinção clássica de Marr entre regras computacionais (“algoritmos”) e estrutura física (o “hardware” onde a regra ou algoritmo é implementada – veja-se Marr, 1982). A análise de Marr

teve uma enorme receptividade. Parte da atração veio da idéia que pudéssemos entender as funções cognitivas puramente através de razão. Se nós pudéssemos adivinhar a teoria correta do que teria que ser computado para resolver um problema específico, nosso trabalho estaria quase concluído. Infelizmente, isto não se mostrou ser correto. A distinção entre os níveis do algoritmo e da implementação não está clara. Realmente, se o pesquisador está tentando entender a função do cérebro, então as teorias de computação e algoritmos teriam necessariamente que constituir descrições de atividade neuronal. (KOSSLYN; ANDERSON, 1994, p. xxiii)

Um conceito amplamente utilizado para a consolidação do novo campo de pesquisa interdisciplinar foi a idéia de localização de função, em termos de “macro-módulos”. Estudos em ciências cognitivas e neurociências convergiram em termos da identificação de estruturas funcionalmente especializadas – nos estudos em neuroimagem, principalmente em termos de regiões do neocórtex - que executam uma função cognitiva. Porém, o conceito de modularidade também tem sido considerado limitado para a compreensão interdisciplinar das funções cerebrais. Alguns dos problemas são:

- a) o termo “módulo” não está bem definido em termos neurocientíficos. O conceito original de Mountcastle (1957) se referia a redes neuronais especializadas ao nível de *colunas* corticais (i.é, em nível microscópico). Usos novos da palavra têm confundido o conceito de Mountcastle com os “módulos da mente” propostos por Fodor (1983). Tais módulos existiriam em nível *macroscópico* no cérebro, e seriam especializado para funções cognitivas complexas. Sendo vagamente definidos, puramente em termos de limites espaciais, tais “módulos” podem ter utilidade heurística, como as “caixas pretas” na cibernética, mas o uso do conceito é restritivo na compreensão de realidade biológica;
- b) o entendimento da especialização biológica em termos de unidades discretas semelhantes aos módulos computacionais tem conduzido a uma ênfase excessiva na idéia de localização, em detrimento do aspecto temporal das funções. Tal ênfase frequentemente obscurece a “dialética fundamental da organização do cérebro” (FRITH; FRISTON, 1997):

por um lado há segregação funcional, tal que neurônios com a mesma função tendem a se agrupar em uma área circunscrita do cérebro [...] Dado tal princípio, deveria ser possível produzir um mapa do córtex no qual toda área tem sua própria função específica. Por outro lado, dada a dependência da atividade cerebral frente às conexões subjacentes [...] há integração funcional, tal que aquelas funções dependem de interações entre neurônios amplamente distribuídos. Dado este princípio, uma área circunscrita não pode ter nenhuma função por si própria. Funções específicas só emergirão da interação entre muitas áreas do cérebro. (p. 169);

- c) a negligência de níveis intermediários de análise de dinâmica cortical. Entre a descrição bioquímica de micro-processos ao nível do neurônio e sinapses (veja-se por exemplo Black, 1991) e a descrição de “macro-módulos”, a dinâmica cortical poderia ser modelada em nível da organização neuronal em colunas e camadas, de acordo com os conceitos originais de Mountcastle.

Recentes desenvolvimentos conceituais e experimentais da neurociência cognitiva têm procurado superar tais limitações, enfatizando a a questão da integração de funções espacialmente distribuídas. A coleção de ensaios editada por Rugg (1997) enfocou os problemas de integração de função, e a necessidade de se estudar as estruturas e funções cerebrais em termos neurobiologicamente adequados. De acordo com Rugg, a neurociência cognitiva procura

entender como as funções cognitivas, e suas manifestações em termos de comportamento e experiência subjetiva, surjam da atividade do cérebro. É um híbrido de várias disciplinas historicamente distintas, entre as quais havia até recentemente pequeno intercâmbio de métodos e idéias [...] Não foi um fator único que causou a convergência destes diferentes ramos para formar a neurociência cognitiva. (RUGG, 1997, p. 1).

Ele destaca quatro fatores:

- a) interação entre psicologia cognitiva e neuropsicologia clínica, por exemplo no estudo de efeitos cognitivos de lesões no cérebro;
- b) a aplicação de métodos invasivos em animais experimentais, principalmente o uso de eletrodos que medem a atividade de um único neurônio em animais. Simultaneamente à medida da atividade de cérebro, os animais executam tarefas cognitivas e tornam possível a observação de correlações entre atividade neuronal e manifestação comportamental dos processos cognitivos internos;
- c) o desenvolvimento de métodos não-invasivos de neuroimagem, permitindo o estudo da estrutura do cérebro e funções cognitivas ‘in vivo’.

Tais métodos (PET-scanning e fMRI) permitem o estudo de sujeitos humanos saudáveis (em contraposição ao estudo de indivíduos de outras espécies, ou de efeitos de lesões graves em humanos), com a vantagem da disponibilidade de um relato lingüístico dos processos cognitivos. A descoberta de correlações temporais entre dados de neuroimagem e o relato lingüístico reforça ambos como manifestações de processos cerebrais subjacentes, que a pesquisa procura entender;

- d) o desenvolvimento de modelos “distribuídos em paralelo” ou “conexionistas”, que apresentam características comuns ao funcionamento cerebral. Estes modelos são freqüentemente simulados em computadores digitais, e permitem uma visualização dos processos estudados.

O desenvolvimento da neurociência cognitiva conduz a uma epistemologia não-reducionista, que trabalha com distintos mas inter-relacionados níveis de análise. Diferentes metodologias são usadas para a observação de diferentes níveis de organização da estrutura e função cerebrais, obtendo-se entendimento detalhado de mecanismos cognitivos no cérebro animal. Modelos mais amplos procuram integrar esse conhecimento empírico e descobrir os princípios fundamentais das funções cognitivas do cérebro.

Agradecimentos:

Stephan Chorover (MIT), supervisor de meu estágio de pós-doutoramento; FAPESP, que concedeu bolsa para o mesmo, e CNPq.

Referências

- ADRIAN, E. D. The impulses produced by sensory nerve endings. *Journal of Physiology*, n. 61, p. 49-72, 1926.
- BADDELEY, A. D. *Working memory*. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- BLACK, I. B. *Information in the brain*. Cambridge: MIT Press, 1991.
- FIELD, J. H.; MAGOUN, H.W.; HALL, V. E. (Ed.) *Handbook of Physiology*. Washington, v. 3, sect.1, p. 1595-1668, 1960.
- FODOR, J. *The modularity of mind*. Cambridge: MIT Press, 1983.
- FRITH, C. D.; FRISTON, K. J. Studying brain function with neuroimaging. In: RUGG, M. C. (Ed.) *Cognitive neuroscience*. Cambridge: MIT Press, 1997.
- GERARD, R. W.; LIBET, B. The control of normal and “convulsive” brain potentials. *American Journal of Psychiatry*, v. 96, p. 1125-1153, 1940.
- GAZZANIGA, M.S. (Ed.) *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge: MIT Press, 1995.
- HEBB, D. *The organization of behavior: a neurophysiological theory*. New York: John Wiley, 1949.

- HODGKIN, A. L.; HUXLEY, A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *Journal of Physiology*, n. 117, p. 500-544, 1952.
- HUBEL, D. N.; WIESEL, T. N. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology*, n. 160, p.106-154, 1962.
- _____. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *Journal of Physiology*, n. 195, p. 215-243, 1968.
- KOHLER, W. Relational determination in perception. In: JEFFRESS, L. A. (Ed.) *Cerebral mechanisms in behavior: the hixon symposium*. New York: Hafner, 1951.
- KOSSLYN, S. M.; ANDERSEN, R. A. General introduction. In: KOSSLYN, S. M.; ANDERSEN, R. A. (Ed.) *Frontiers in cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT Press, 1992.
- LASHLEY, K. *The neuropsychology of lashley*. New York: McGraw-Hill, 1960.
- LETTVIN, J. Y. et al. What the frog's eye tells the frog's brain. In: MCCULLOGH, W. *Embodiments of mind*. Cambridge: MIT Press, 1959.
- MARR, D. *Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco: W.H. Freeman, 1982.
- MARR, D.; POGGIO, T. Cooperative computation of stereo disparity. *Science*, v. 194, p. 283-287, 1976.
- MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v. 5, p. 115-133, 1943.
- MCCULLOCH, W. S. Why the mind is in the head. In: JEFFRESS, L. A. (Ed.) *Cerebral mechanisms in behavior: the Hixon Symposium*. New York: Hafner, 1951.
- MILNER, B.; CORKIN, S.; TEUBER, H. L. Further analysis of the hippocampal amnesic syndrome: 14-year follow-up study of H. M.. *Neuropsychologia*, n. 6, p. 215-234, 1968.
- MOUNTCASTLE, V. Modality and topographic properties of single neurons of cat's somatic sensory cortex. *Journal of Neurophysiology*, v. 20, p. 408-434, 1957.
- O'KEEFE, J.; NADEL, L. *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon, 1978.
- PENFIELD, W.; BOLDREY, E. Somatic motor sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain: a journal of Neurology*, n. 60, p. 389-443, 1937.
- POPPEL, E. Introduction: relating perceptual phenomena to neuronal mechanisms. In: POPPEL, E., HELD, R.; DOWLING, J. (Ed.) *Neuronal mechanisms in visual perception*. Cambridge: The MIT Press, 1977.
- QUARTON, G. C. Introduction. In: SCHMITT, F.O. (Ed.) *The neurosciences: second study program*. New York: Rockefeller University Press, 1970.
- QUARTON, G. C.; MELNECHUK, T. Introduction. In: ____; SCHMITT, F.O. (Ed.) *The neurosciences: a study Program*. New York: Rockefeller University Press, 1967.

- RALL, W.; RINZEL, J. Branch input resistance and steady attenuation for input to one branch of a dendritic neurone model. *Journal of Biophysics*, v. 13, p. 648-688, 1973.
- ROY JOHN, E. *Mechanisms of memory*. New York: Academic Press, 1967.
- RUGG, M. D. Introduction. In: _____. (Ed.) *Cognitive Neuroscience*. Cambridge: MIT Press, 1997.
- SCHNEIDER, G. Two visual systems: brain mechanisms for localization and discrimination are dissociated by tectal and cortical lesions. *Science*, v. 163, p. 895-902, 1969.
- SCHMITT, F. O. Preface. In: QUARTON, G. C. MELNECHUK, T.; SCHMITT, F.O. (Ed.) *The neurosciences: a study program*. New York: Rockefeller University Press, 1967.
- SOKOLOV, E. N. The neuronal mechanisms of the orienting reflex. In: ____; VINOGRADOVA, O. S. (Ed.) *Neuronal mechanisms of the orienting reflex*. New York: Lawrence Erlbaum, 1975.
- SPERRY, R.W. Neural basis of the spontaneous optokinetic response. *Journal of Comparative Physiology*, v. 43, p. 482-489, 1950.
- TEUBER, H. L. The brain and human behavior. *Neurosciences Research Program Bulletin*, 1976 (número especial em memória de Hans-Lukas Teuber).
- TREHUB, A. *The cognitive brain*. Cambridge: The MIT Press, 1991.
- VON NEUMANN, J. The general and logical theory of automata. In: JEFFRESS, L. A. (Ed.) *Cerebral mechanisms in behavior: the hixon symposium*. New York: Hafner, 1951.
- WALTER, W.G. *The living brain*. New York: W.W. Norton, 1963.

O CERTO E O DUVIDOSO: COMO É POSSÍVEL A BIOLOGIA

Romeu Cardoso GUIMARÃES¹

Quais são as possibilidades evolutivas que nunca foram testadas? Talvez seja completamente inútil especular sobre isso. (Theodosius Dobzhansky, 1974)

Introdução

As ciências cognitivas têm o propósito imediato de entender como os seres vivos interagem de modo produtivo e adaptativo com o ambiente. Poderão, com esse conhecimento, montar procedimentos de interferência sobre tais processos interativos e até sistemas cognitivos artificiais.

Os seres vivos são sistemas moleculares e celulares complexos. As próprias interações internas a eles podem ser chamadas de cognitivas, desde que envolvem informação (GUIMARÃES, 1998b), seja no processo de receber sinais do ambiente e produzir comportamentos adequados (adaptação) ou no de desenvolver sua própria fisiologia ao longo do tempo (ontogênese).

A biologia tem a obrigação de se tornar bastante clara para os cognitivistas, subsidiando seus estudos, sob pena de, ao se excluir, causar danos quando tais estudos são desenvolvidos sobre um vácuo biológico: os estudos cognitivos se fazem somente no âmbito das ciências humanas e culturais ou se baseiam na física e saltam diretamente para os comportamentos, desprezando a base biológica.

Todas interações moleculares interessantes para a biologia são parcialmente deterministas e não-deterministas. O primeiro componente garante a fisiologia e a adaptação, direcionais, o segundo a flexibilidade e plasticidade, no contexto dos ambientes cambiantes e imprevisíveis, independentes dos organismos. Assim, há uma parte de necessidade funcional e outra de acaso (DOBZHANSKY, 1974), no mínimo, inevitável, que se complementam na fisiologia.

¹ Dep. Biologia Geral, Inst. Ciências Biológicas-UFMG, 31270.901 Belo Horizonte MG - <romeucg@mono.icb.ufmg.br>; <www.icb.ufmg.br/~romeucg>

Apresento uma descrição do componente não-determinista da fisiologia, destacando os nichos onde tal elemento foi aproveitado e até amplificado, com benefícios. É possível que tal conhecimento seja útil para as ciências cognitivas, em seus projetos de modelagem e até nos tecnológicos.

Tipos de acaso

O termo acaso se relaciona com vários outros similares: caos, indeterminação, aleatório, imprecisão, indefinição, causas desconhecidas, casual, probabilístico, estocástico, ergódico, acidental, contingencial, imprevisível, desordem, fortuito, sem razão aparente, adirecional, isotrópico, ocasional etc (NAGEL, 1961).

O termo caos recebeu novo sentido quando a matemática desenvolveu o uso de algoritmos não lineares em que pequenas variações nas condições iniciais podem gerar consequências de grandes magnitudes, como o chamado 'efeito borboleta' ('seu bater de asas no Rio de Janeiro poderia causar ciclones em Nova York': a circulação atmosférica é governada por equações não lineares que, para uma dada combinação de valores dos parâmetros, podem apresentar soluções caóticas; deste modo, trajetórias vizinhas, no espaço de estados do sistema, podem divergir exponencialmente). As pequenas variações iniciais podem ser flutuações não-direcionais, como os erros e imprecisões de nossas manipulações do cotidiano (PIMENTEL-SOUZA, 1981) e, sua amplificação pelos algoritmos não lineares poderia, então, preencher toda a magnitude do espaço de variação disponível (CAMPBELL et al., 1982). Esse resultado é o mesmo que seria obtido por mecanismos aleatórios, não-direcionais em todo seu percurso. No entanto, é mecanismo plenamente determinista, mas que pode confundir pela adoção do mesmo termo caos, que se referia, anteriormente, à ausência de ordem. É possível que a total ausência de ordem não seja identificável. Outro componente associado à matemática do 'caos determinista' é de que as equações, frequentemente, alcançam repetitividade e superposição dos resultados. Se alguma imagem geométrica é usada para expressar os dados matemáticos, geram-se estruturas monótonas, as mesmas repetidas sucessivamente, fazendo ciclos de ordem cada vez maior ou menor (fractais). Algumas dessas se assemelham a estruturas naturais, como cristais, folhas de plantas ou relevos geográficos, justificando o entusiasmo com sua aplicabilidade à natureza.

A mente humana (na área científica, especialmente a matemática), é muito fértil em 'imaginar todas as possibilidades'; algumas serão aplicáveis à natureza. [De Guilherme de Baskerville para Adso: "Não sei exatamente. Mas, como te disse, é preciso imaginar todas as ordens possíveis, e todas as desordens" (ECO, 1983).

O uso do termo acaso, mais corrente em biologia, pode ser referido a Cournot (1843) e Monod (1970), chamado de acaso essencial ou absoluto: a confluência de séries causais independentes. Cada série causal é uma trajetória de encadeamento de eventos que podem ser investigada independentemente. Cada uma tem sua história e sua temporalidade, mas não se detecta relação entre uma e outra. Assim, a confluência é casual, ocasional, uma coincidência ou uma 'trombada'. É óbvia a dependência das 'condições pré-existentes', sejam as de cada uma das séries históricas que confluem ou as vigentes no momento da coincidência. Por isso, o evento pode ser aleatório mas não é irrestrito ou ilimitado, não podendo resultar em 'qualquer coisa' ou ir para 'qualquer resultado'. O imprevisto é a confluência, a coincidência.

A genética é campo privilegiado da aplicação deste conceito de acaso, desde os experimentos de Mendel sobre a segregação independente dos fatores hereditários, nos cruzamentos, até os estudos sobre as mutações.

Os gametas recebem combinações gênicas a partir de misturas probabilísticas de aproximadamente 50% dos genes de cada genitor. Não há como prever, a não ser em casos excepcionais, que um tipo de gene tenha maior probabilidade de compor gametas do que outro. Os eventos que produzem as mutações, p. ex., raios cósmicos, raios X ou agentes químicos, são uma série causal que produz uma alteração em um ponto do DNA. Não se percebe meios de determinar qual será o gene alterado. Por isso se diz que o evento mutacional atinge os genes ao *acaso*. A outra série causal é a fisiologia celular: a célula tem que funcionar com os genes que possui e os expressará, 'por *necessidade*'.

Foge ao escopo da biologia o tratamento dos postulados eventos acausais (JUNG, 1955). As ciências naturais se baseiam no princípio, fundamental a seus propósitos e métodos, de que todos eventos, movimentos ou transformações são produzidos por forças que serão, eventualmente, identificáveis. O encontro ocasional de séries causais é considerado fortuito, não suscitando maiores indagações; talvez possa ser chamado de 'acausal' (entre aspas).

O postulado da coincidência essencial é negado pelos absolutismos, seja dos mecanicistas ou dos espiritualistas estritos, dizendo que tudo está diretamente interligado, as séries causais não podem ser independentes. Os primeiros dizem que a interligação seria detectável se fosse possível seguir o percurso retrógrado de todas séries causais até o instante do 'big bang', os segundos que há um espírito supervisor que as une e dirige. Essas correntes vislumbram uma explicação total, máxima, um mundo onde tudo 'está ou estava escrito', determinado, o que não é projeto da biologia.

Cálculos de probabilidades simples não são adequados para eventos únicos, como são os históricos em geral. Seria necessário o desenvolvimento de metodologia aplicável às séries ou sucessões de coincidências, a exemplo dos métodos markovianos que são utilizados na biologia.

Principais fontes de acaso em biologia

Estrutura molecular dinâmica

Esta é a principal fonte da variabilidade biológica, seja na genética ou na fisiologia (Tabela 1). As moléculas orgânicas fazem estruturas dinâmicas e plásticas, diferentemente dos cristais, do mundo inorgânico. Relativa rigidez acontece em poucas estruturas biológicas, como os ossos, pelos e unhas. As enzimas não são estritamente específicas para seus substratos, apesar de terem 'constantes de afinidade' muito altas para uns e baixas para outros (DIXON; WEBB, 1979).

TABELA 1 - Mecanismos de variabilidade e estabilidade

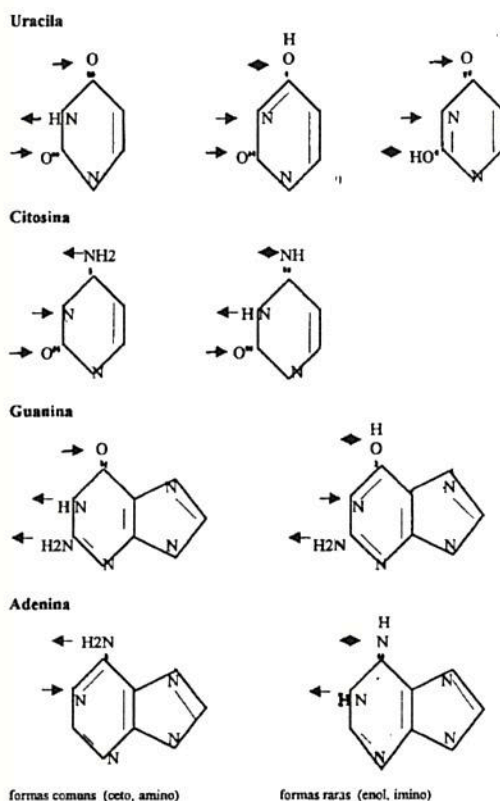
PRODUÇÃO DE VARIABILIDADE	OBTENÇÃO DE ESTABILIDADE E REGULARIDADE
Inespecificidade funcional decorrente da instabilidade, pela estrutura molecular dinâmica	Afinidades químicas elevadas
Difusão aquosa, não-direcional	Compartimentação em pequenos volumes
Reprodução imprecisa decorrente da elevada complexidade celular	Homeostase por redundância e processos combinatórios

O DNA é uma das moléculas orgânicas mais rígidas e estáveis mas sofre constantes alterações estruturais (Figura 1). A taxa espontânea (endógena, intrínseca) de mutações é da ordem de 10^{-9} por base e por geração; se um gene pequeno tem 10^3 bases, então a taxa espontânea de mutação, por gene, é de 10^{-6} ; como o humano tem cerca de 10^5 genes, obtém-se que, a cada geração, 1 de cada 10 genes estará mutado, em cada um de nossos gametas. Tais frequências elevadas de erros somente não resultam em catástrofes biológicas porque muitas das mutações não são maléficas e, as que o são, provocam a morte dos gametas ou dos ovos, não sendo percebidas nos filhos.

Um exemplo interessante da instabilidade molecular (decorrente de movimentação térmica) fundamental é o tautomerismo das bases do DNA (Figura 1); esse parece ser o máximo de aproximação possível entre a bioquímica e a indeterminação da mecânica quântica. Algumas formas tautoméricas (raras) das bases predisõem a mutações e não há como

serem evitadas. São parte fundamental do processo biológico, que é reprodutivo e evolutivo, imperfeito e dependente da diversidade aí gerada. Evoluir é mudar no tempo, no percurso, é não permanecer estático.

FIGURA 1 - Instabilidade estrutural das bases dos ácidos nucleicos.



A fisiologia foi adaptada às formas comuns. As formas raras fazem interações anormais, conforme as setas: ← doadores de elétrons, → receptores de elétrons. Os pareamentos normais, em RNA, são G:C (3 pontes .H.), A:U (2 pontes .H.) e G:U (1 ponte .H.).

Outros mecanismos endógenos produtores da variabilidade essencial são os agentes tóxicos gerados pelo metabolismo normal (Tabela 2). Os principais são os radicais ativos derivados do oxigênio, produzidos na respiração mitocondrial (NORRIS; SHOCK, 1966; TOTTER, 1981). Provocam alteração de diversas estruturas celulares e são mutagênicos, importantes participantes dos mecanismos de envelhecimento. Podemos querer combatê-los, para envelhecer por outras causas e reduzir algumas doenças; certamente conseguiremos reduzir seu impacto mórbido, mas não os eliminaremos, desde que são parte da fisiologia.

TABELA 2 - Mecanismos geradores da variância fenotípica

Variação entre indivíduos (mecanismos pré-zigóticos, na história dos gametas, filogênese)	Variação na ontogênese individual (mecanismos pós-zigóticos)	Encontros contingentes com o ambiente
<u>Mutações</u> são independentes dos tipos de genes e de suas consequências <u>Gametogênese</u> 1ª lei de Mendel: a segregação dos cromossomos é independente da origem e dos vizinhos; a recombinação dos genes é independente dos tipos e proporcional à distância; há efeitos regulatórios e marcação gênica, dependentes do sexo <u>Fertilização contingente</u> 2ª lei de Mendel e lei da inércia populacional (de Hardy e Weinberg): os cruzamentos são independentes dos genótipos, com escasso direcionamento; a produção de gametas é excessiva (quais serão perdidos?); o encontro dos parceiros é proporcional à distância; em populações pequenas ou para caracteres 'neutros', as frequências gênicas 'derivam', aleatoriamente.	<u>Genéticos</u>: mutação e recombinação <i>amplificação no Sistema Imune, a partir dos peixes</i> <u>Erros à transcrição, à tradução e por tóxicos endógenos</u> <u>Difusão</u> Intracelular, na regulação gênica e metabólica <i>amplificação na inativação do X, nos mamíferos</i> Inter celular (inclusive em setores do Sistema Neural Central)	O exterior e o futuro são independentes dos organismos, imprevisíveis

Difusão

Os seres vivos funcionam em ambiente interno aquático líquido, ainda que possam voar, habitar ambientes secos, congelados ou as ventas submarinas que alcançam até cerca de 300° C. As moléculas são movimentadas e se encontram umas com as outras por difusão (Figura 2). O movimento browniano das partículas maiores pode ser visível ao microscópio; é aleatório, não-direcional (CRICK, 1970, 1971; FOX; WAYLAND,

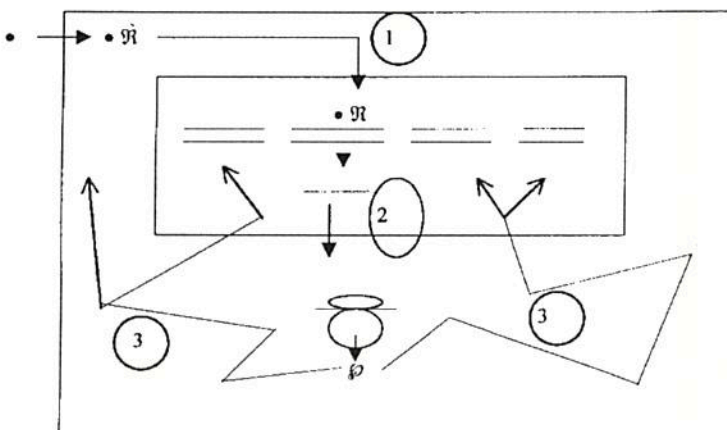
1979; FREHLAND, 1982; LIEB; STEIN, 1971; PATEL, 1984). No entanto, a fisiologia é garantida pela construção de células com volumes pequenos (tipicamente, 10 μm de diâmetro), fechadas por invólucros parcialmente impermeáveis à água (membranas lipídicas). Em algumas situações, os volumes são mais reduzidos, como em organelas menores (núcleo, mitocôndria, vesículas etc), estabelecem-se canais especiais para direcionamento de substâncias (como os retículos endoplasmáticos e as fibras do citoesqueleto; Wang e Goldman, 1978), ou as moléculas formam estruturas compactas, com contatos diretos (como a cromatina e os ribossomos), mas o compartimento essencialmente líquido constitui fração importante do volume celular (FULTON, 1982). A velocidade do movimento intracelular de macromoléculas e organelas é somente cerca de 10 vezes (0,1 mm/min) a da movimentação das placas continentais (5 cm/ano).

Por outro lado, é grande a tortuosidade no percurso da regulação da expressão dos genes, sempre por difusão: um gene é transcrito em RNA, no núcleo; o RNA é transportado para o citoplasma e traduzido em proteína; esta tem que retornar ao núcleo para exercer regulação sobre outros genes (Figura 2). P. ex., variações difusionais podem fazer com que mediadores ontogenéticos não alcancem os genes regulados em momentos ou concentrações críticos, ou podem se antecipar, tornando-se agentes de variação de expressividade, falta de penetrância ou indução de fenocópias. Por isso, não se pode garantir que gêmeos idênticos (por origem) expressarão seus genes sempre do mesmo modo; a variação ontogenética é obrigatória.

O compartimento extracelular é mais rico em água e, quando muito grandes, os organismos desenvolveram mecanismos de agitação mecânica, com aceleração da homogeneização dos líquidos. Quando o metabolismo foi intensificado e os organismos se sofisticaram, com o desenvolvimento de órgãos especiais para trocas de gases, nutrição e excreção, uma parte do líquido extracelular foi compartimentado nos sistemas circulatórios, com as bombas propulsoras cardíacas.

À aleatoriedade da difusão, se contrapuseram, então, os pequenos volumes celulares, garantindo os encontros moleculares casuais em tempo e concentração adequados à fisiologia, e as altas afinidades químicas entre os reagentes. Os mecanismos de agitação e de direcionamento intracelular dos reagentes são acessórios que aumentam a eficiência.

FIGURA 2 - O percurso tortuoso da regulação gênica.



O ciclo envolve múltiplos passos, em compartimentos distintos da célula. Os principais são resumidos em: 1) efetor externo ($\bullet$), seu receptor (R) e transporte para o núcleo, ativando o gene regulador; 2) transcrição e transporte do RNA para o citoplasma; 3) tradução da proteína reguladora (ϕ) e seu transporte para sítios receptores ou para os genes regulados. Em todos passos, o transporte pode não ser direcionado por estruturas organizadas, sendo realizado por difusão; a tortuosidade desses percursos é ilustrada somente no passo 3. Adaptado de Guimarães e Moretti-Ferreira (1994).

Encontros com o ambiente externo

As interações com os ambientes nos quais os organismos vivem, através das gerações, ou outras de vigência em prazos mais curtos, através dos gametas, mais intensamente os maternos, produziram as adaptações genéticas, pelos mecanismos tradicionalmente chamados de darwinianos. Tais adaptações seriam adequadas para uma limitada amplitude de variação dos ambientes futuros, especialmente se tal variação se mantiver dentro dos limites do passado. Tais encontros são fortuitos, essencialmente desconhecidos e imprevisíveis, portanto, aleatórios e independentes da história pregressa dos indivíduos. Variações ambientais maiores são, potencialmente, desastrosas.

Aproveitamento biológico da aleatoriedade

Quais são as características do processo biológico, que permitiram a sobrevivência prolongada dos seres vivos, em seus mais de 3,5 bilhões de anos de continuidade? Frente à variabilidade ambiental (dentro dos limites apresentados pela Terra, até o momento), parece que o funda-

mental foi o aproveitamento, e até amplificação, da variabilidade endógena. Um 'embate de criatividade', confrontando o acaso exterior com o interior. O percurso aprendido histórica e evolutivamente pela biologia foi de produzir e ampliar a diversidade, a heterogeneidade. O humano, teleológico, chama esse processo de 'estratégia' (entre aspas, porque é descrição *a posteriori*; LEWIS, 1974; O'GRADY, 1986).

Complexidade

Complexidade e diversidade (a tão falada biodiversidade) são características fundamentais dos seres vivos, mas estes termos se superpõem, parcialmente. Ambos se referem a sistemas compostos de grande número de elementos distintos e organizados através de interações definidas, e ainda mais numerosas, entre os elementos (organização complexa; Tabela 3). A diversidade é necessária para a complexidade, mas não é suficiente. A 'organização caótica', em que 'todos interagem com todos', igualmente e indistintamente, é democracia extrema, anarquia, assembleísmo, não é organização. Os critérios definidores de complexidade e organização ainda são muito debatidos; alguns propõem que qualquer organização teria que ser, de algum modo, hierárquica.

TABELA 3 - Complexidade celular

Variedade de elementos	Interações entre os elementos e com o ambiente
Célula bacteriana típica Comprimento do cromossomo: 4.000.000 de bases Tipos de moléculas: 3.000 a 6.000 RNA e proteínas: 1.700 cada (conhecidos) 3.600 cada (máximo possível) Redundância: até 100.000 cópias de algumas proteínas	Teia organizada de conexões (descrição ainda precária)
Célula eucariótica típica 500 vezes a bacteriana, em diâmetro de 0,01 mm	

Nos seres vivos, a adaptabilidade ao ambiente inconstante está, invariavelmente, associada e dependente da geração de *populações*, seja de moléculas ou de indivíduos, e essa característica se superpõe e amplifica a plasticidade e maleabilidade derivadas da 'estrutura molecular dinâmica', referida acima e na Tabela 1. A característica populacional qualifica o caráter de *redundância*: os elementos de uma população são somente similares entre si. Derivam de fonte comum, por replicação molecular ou por reprodução de indivíduos; são aparentados mas não idênticos. Assim, é próprio da biologia (diferentemente da física e do mundo inorgânico) o 'pensamento populacional', como base para o 'pensamento evolutivo'. O fundamento da biologia (como deve ser, também, do humano) é sempre uma coletividade heterogênea.

Redundância em populações moleculares

O pensamento populacional, no contexto do desempenho fisiológico do indivíduo (ou célula), se refere à multiplicidade de moléculas, do mesmo tipo, que lhe é necessária. Grande parte de nossas estruturas é formada por agregação de subunidades. Além disso, as moléculas são sempre instáveis e devem ser continuamente repostas, resintetizadas. Mesmo os genes são, no mínimo, compostos por uma fita dupla de DNA; todos outros tipos moleculares formam populações numerosas. A taxa de erros, essencialmente aleatórios, nessas sínteses é muito maior do que na replicação do DNA, da ordem de 10^{-6} - 10^{-4} . Os erros não levam necessariamente a perda de função, mas são vistos como produtores de variantes, muitas das quais podem ser aproveitadas fisiologicamente e auxiliar nos processos adaptativos, como 'redundâncias de similaridades', potencialmente benéficas.

Esses processos são, nas células eucarióticas (como as nossas, mais complexas que as bacterianas, Tabela 3), ampliados porque há redundâncias abundantes também nos genes. Novos tipos de redundâncias aparecem nos organismos multicelulares, quando os tecidos são populações de células.

A redundância populacional e a plasticidade das funções moleculares, em interação organizada, resultam nas propriedades características dos sistemas complexos, de homeostase, estabilidade e resistência às perturbações (resiliência). Alguns mecanismos que merecem destaque são: capacidade de regeneração de populações, quando parte delas é perdida; realizar as mesmas funções por diferentes vias alternativas, como obter energia de várias fontes; acumular reservas nos momentos de abundância e gastá-las na escassez, etc (Pereira Jr e col., 1996).

Populações de indivíduos

Enquanto a permanência prolongada dos objetos inorgânicos decorre de estabilidade estrutural, a dos biológicos, instáveis, decorre de reprodução com variação. A bipartição de sistemas complexos produz filhos semelhantes, não idênticos, como na produção de gêmeos monozigóticos (clones um do outro). Esta é a base do processo evolutivo, a ser submetida à seleção natural. A estabilidade é de populações de variantes, no contínuo reprodutivo. Dois percursos são identificados: o primeiro, dos organismos mais simples, as bactérias, com taxa reprodutiva acelerada (de até 20 min) e, consequentemente, grande produção de variantes mutacionais, predominantemente clonais; outro dos organismos mais complexos, os eucariotos (a partir dos protozoários, leveduras e algas), com

menores taxas reprodutivas (de pelo menos 12 h) mas desenvolvendo maior redundância molecular interna e grande complexidade regulatória de sua fisiologia, chegando à multicelularidade dos fungos, plantas e animais.

Outros mecanismos foram elaborados, especialmente pelos eucariotos, que aproveitam e amplificam a aleatoriedade na geração de variabilidade (Tabela 2); alguns merecem destaque e são listados abaixo.

Utilização de grandes números. Produção de grandes quantidades, geralmente excessivas, de gametas (especialmente os espermatozóides), pólenes, esporos, sementes, ou de descendentes. É notória a enorme variação sazonal nas populações de insetos, com enxames na época reprodutiva e quase desaparecimento logo a seguir. Dentre as variantes, somente algumas poderão ter oportunidades de reproduzir novamente, na próxima estação. O mecanismo gerador das variantes desconhece quais serão bem sucedidas.

Recombinação sexual. O processo de se trocar e misturar partes dos cromossomos provenientes dos genitores, na formação dos gametas em indivíduos diplóides, é proporcional às distâncias entre as partes (os geneticistas usam as medidas em unidades 'Morgan', de frequência de recombinação) e independente dos tipos de genes.

Segregação cromossômica. Os cromossomos paterno e materno se distribuem entre os gametas de modo aleatório, probabilístico, o que é a base da 1ª lei de Mendel.

Encontros sexuais. Pode haver escolha dos parceiros, através de afinidades eletivas baseadas nos fenótipos (não nos genótipos, grandemente inaparentes), mas as oportunidades dos encontros são também proporcionais às distâncias. Quanto menos se viaja e mais distantes estão outros possíveis parceiros, mais limitado será o universo disponível para cada um. Muitas espécies dependem de correntes aquáticas, ventos e outros organismos associados (como os insetos polinizadores) para disseminação de seus gametas e sementes. Os encontros são grandemente probabilísticos (os geneticistas usam as equações de Hardy e Weinberg) ou difusionais.

Deriva nos pequenos números. Quando as populações são pequenas, as flutuações nas frequências gênicas nas gerações sucessivas são amplificadas, em percursos imprevisíveis, por meros efeitos erráticos de amostragem.

Genes neutros e genes ligados. Algumas variantes podem ter escassos efeitos fenotípicos ou adaptativos, em certos contextos, podendo suas frequências flutuar em sentidos não-determinados, ou simplesmente

seguir as rotas evolutivas determinadas por genes vizinhos (dos quais não foram separados pelas recombinações) adaptativamente importantes, nos contextos importantes para estes. Em contextos distintos, as situações podem tomar outros rumos.

Herança extra-cromossômica. A herança biológica se refere a células inteiras, os gametas, e não somente aos genes e cromossomos nucleares. Estes últimos são os componentes mais importantes, quantitativamente e pela regularidade das leis de Mendel, e pela estabilidade através das gerações. No entanto, não se pode menosprezar a contribuição dos outros componentes celulares. O tipo dos gametas contribui com marcações gênicas, de modo que alguns genes só se expressam quando são transmitidos por via materna, outros por via paterna. Especialmente as mães, por contribuírem com a maior parte do citoplasma do ovo e todas as mitocôndrias, além do ambiente gestacional, têm participação maior que os pais.

Exportação e importação. Também na genética (à semelhança do aprendizado educacional e cultural), acontece a transferência 'horizontal' de caracteres. Genes podem ser adquiridos ou transferidos entre organismos, até de espécies diferentes, que convivem sincrônica e simpatricamente. Os exemplos mais interessantes são a aquisição das mitocôndrias e plastídeos, provenientes de bactérias, pelas células eucarióticas, e as veiculações de genes por vírus. Estes são os corolários naturais da Engenharia Genética, que o homem aprendeu, recentemente, a manipular.

Amplificação específica da aleatoriedade

Além dos mecanismos descritos acima, que demonstram a aleatoriedade ter sido aproveitada amplamente (como componente essencial da fisiologia e da genética, por inevitabilidade ou, através da propriedade de contribuir positivamente para garantir a variabilidade biológica), deve-se acrescentar outros ainda mais salientes. São casos de utilização especial, com amplificação, das propriedades dos mecanismos aleatórios como geradores de variabilidade, em sistemas fisiológicos específicos. Acrescentam valor adaptativo e se desenvolveram na evolução mais tardia, como 'descobertas' recentes da evolução dos vertebrados. Quantas possibilidades são abertas para a liberdade e a criatividade ontogenéticas, pela utilização desses mecanismos?

Os vertebrados são os animais mais complexos, o que exigiu a adoção de mecanismos muito precisos de regulação genética e fisiológica. Consequentemente, tornaram-se mais intolerantes à variação gênica, que

foi progressivamente reduzida dos aquáticos para os terrestres. Assim, tornaram-se frágeis quanto a esse caráter. No entanto, compensou-se tal deficiência através do desenvolvimento de outros artifícios, três dos quais são destacados.

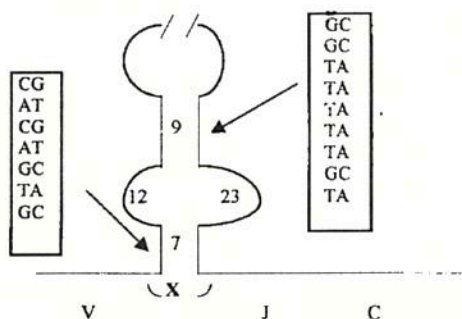
Sistema imune. Um componente específico de reatividades imunes foi desenvolvido a partir dos peixes, e bem eficiente a partir dos répteis, com os receptores dos linfócitos T (estes talvez mais antigos, nos celenterados) e os anticorpos dos linfócitos B (Robertson, 1982; Cushley e Williamson, 1982). A diversidade do repertório de anticorpos que podem ser produzidos alcança magnitude comparável à do número de sinapses no cérebro humano (10^{15}) e decorreu da utilização de mecanismos genéticos próprios (Figura 3). Constitui-se em uma combinação inusitada de processos deterministas e aleatórios. A parte determinista foi a utilização de segmentos gênicos comuns a todos tipos de elementos constituintes do sistema, que podem ser indistintamente intercambiáveis para geração dos receptores ou anticorpos, como uma 'chave mestra': serve especificamente para a geração da diversidade imune mas é a mesma para todas as reatividades. Assim, esta chave pode ser combinada com quaisquer dos outros segmentos gênicos que codificam a formação da porção específica de cada reatividade imune; o processo é largamente aleatório. A parte determinista garante a aleatoriedade na outra parte. Como em todo processo de recombinação cromossômica, principalmente por envolver quebras e religações segmentares, superpõem-se mutações. Além disso, o sistema de geração da diversidade imunológica incorpora outros processos de hipermutabilidade gênica, cuja descrição seria desnecessariamente extensa neste momento.

Já se estimou que somente o processo recombinatório resulta em cerca de 30% de produtos não funcionais. Assim, há custos mensuráveis, mas esses são menores do que os benefícios auferidos pela posse de sistema tão eficiente de produção da enorme bateria de especificidades imunes. Os desperdícios acometem populações celulares pequenas e somente os arranjos bem sucedidos serão amplificados por reprodução celular clonal. Há certa analogia entre este processo e os princípios do 'caos determinista': as recombinações e mutações na população original seriam como as pequenas flutuações nas condições iniciais; a amplificação dos clones produtivos é não linear, exponencial; a aleatoriedade preenche amplo espaço de variação.

Inativação do cromossomo X. Mais adiante na evolução, nos mamíferos, detecta-se outro mecanismo aleatório de geração de diversidade genética, agora beneficiando especificamente as fêmeas. As fêmeas de mamíferos possuem dois cromossomos X, enquanto que os machos somen-

te um, que faz par com o pequeno Y. Assim, as fêmeas possuem dose dupla da maioria dos genes do X e os machos dose única. No entanto, ambos sexos são semelhantes na quantidade de produtos da quase totalidade dos genes dos cromossomos sexuais, em todas espécies, somente variando a expressão dos genes específicos para a diferenciação sexual. Há, então, mecanismos de compensação das doses diferentes dos genes nos dois sexos. Em muitas espécies, essa compensação é feita por regulação específica de cada gene, individualmente. No entanto, algumas espécies, dentre essas todos os mamíferos, encontraram um modo mais simples (mais econômico) de promover a compensação de doses gênicas, por inativação 'em bloco' da quase totalidade dos genes de um dos X (BEUTLER et al., 1962; BEUTLER, 1964; CHANDRA; BROWN, 1965; FROTA-PESSOA, 1963; GRANT; CHAPMAN, 1988; VANDENBERG et al., 1962; VANDEBERG, 1983).

FIGURA 3 - Estrutura de 'chave mestra' para a recombinação dos segmentos dos genes de imunoglobulinas e receptores de linfócitos T.



Qualquer tipo de segmento V pode ser ligado (X) a qualquer tipo de segmento J, para formar os genes das cadeias leves k das imunoglobulinas, porque todos formam os mesmos tipos (alças V12/23J-C) de 'chaves mestras'. Para as cadeias leves l, as alças são V23/12J-C. Para as cadeias pesadas, há outros segmentos intermediários D e formam-se duas 'chaves mestras', com alças V23/12D e D12/23J-C. As 'chaves mestras' são descartadas após a ligação dos segmentos. Somente uma fita do DNA é apresentada. As caixas mostram as sequências, de 7 e 9 pares de bases, dos segmentos constantes. Adaptado de Cushley e Williamson (1982).

Nas espécies em que os mecanismos de inativação (algumas utilizaram até a eliminação) cromossômica foram utilizados, esta incidiu, geralmente, sobre os cromossomos paternos, talvez aproveitando o caminho mais fácil, desde que esses já estavam inibidos (ainda que por mecanismos distintos) nos espermatozóides. Assim também acontece nos marsupiais e até nos tecidos extra-embrionários dos mamíferos, com inativação determinista do X paterno. O resultado é que ambos, machos e fêmeas, se

tornam funcionalmente similares: aqueles possuem somente uma dose e estas expressam somente um dos alelos, sempre de origem materna, da maioria dos genes do X.

A grande novidade dos mamíferos foi a introdução de aleatoriedade no mecanismo de definir qual será o X inativo nos tecidos somáticos das fêmeas. O processo não está completamente esclarecido, mas indica-se que algum(ns) reguladores da inativação podem, p. ex., ter se tornado difusíveis (como na Figura 2). Assim, atingirão qualquer um dos dois X, não-direcionalmente. O resultado será que, apesar de cada célula expressar somente um X, o conjunto das células se torna uma mistura de ambos, em mosaico. Cerca de metade das células expressa um X de cada origem. Não há todos os benefícios da heterozigose (1) para todos tipos de genes em cada célula (que poderiam expressar ambos alelos, como acontece para os genes dos outros cromossomos), mas esse benefício é aproximado, e até superado, pela situação orgânica em mosaico, (2) porque o processo de inativação incide sobre o embrião em fase precoce de seu crescimento, quando o número de células ainda é pequeno, de modo que podem ocorrer 'desvios de amostragem' e a composição do mosaico pode variar em torno dos 50%, às vezes com consequências prejudiciais, outras vezes mais benéficas, para os indivíduos fêmeas, dependendo do tipo do alelo que permaneceu mais abundantemente no estado ativo. A consequência populacional (3) benéfica é maior, desde que as fêmeas dos mamíferos constituirão populações mais variáveis, para todos caracteres dependentes dos cromossomos X, seja em relação aos machos (estruturalmente monoalélicos) ou em relação à heterozigose (onde ambos alelos contribuem igualmente para o fenótipo). O benefício da aleatoriedade é de ampliar a variabilidade, superando os eventuais malefícios para alguns indivíduos prejudicados, com balanço favorável de custo/benefício.

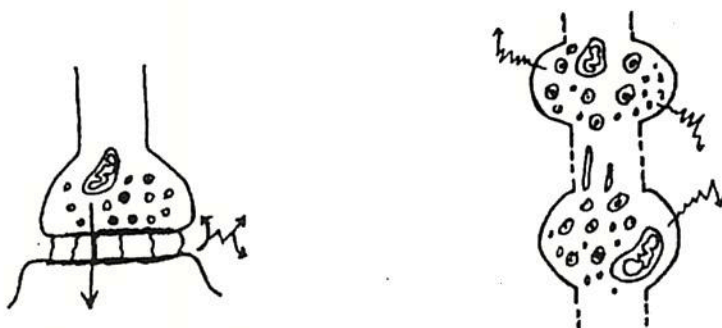
Difusão de neuro-secreções. O sistema neural tem origem muito antiga. Dentre todos os animais multicelulares, somente não aparece nas esponjas. Suas características de origem, dos epitélios externos (da neuroectoderme), são observáveis na estrutura das conexões sinápticas, similares às junções epiteliais, com contatos especializados e muito próximos entre as células, com alta direcionalidade na transmissão de sinais. As novidades do tecido neural são o grande número de ramificações, de modo que cada neurônio faz contatos com muitas outras células, com função integradora e coordenadora, e o desenvolvimento posterior de cobertura lipídica (membranal) espessa em algumas das ramificações (axônios), o que produziu maior velocidade na transmissão eletroquímica dos sinais ao longo dessas. Fora isso, parece que a evolução do sistema neural não recebeu nenhum outro acréscimo citológico ou genético fundamentalmente novo, como ocorreu no sistema imune.

Os comportamentos sofisticados dos mamíferos, incluindo maior cuidado com a prole escassa e até os hábitos sociais, com maior investimento em aprendizado, culminando no humano, com a criatividade transformadora, educação e cultura, parece terem sido dependentes somente de expansão do sistema neural central. A expansão incidiu sobre as funções controladoras e reguladoras, especialmente do neocórtex, cujo desenvolvimento se tornou menos determinado, geneticamente, e mais plástico e dependente de moldagem ao longo da ontogênese precoce, sob influência do aprendizado. Assim, diz-se que o humano perdeu muitos comportamentos estereotipados e os substituiu por comportamentos desenvolvidos por “abertura” ao ambiente (ALMÁSSY; VERSCHURE, 1992; POTTER, 1971).

A direcionalidade das conexões sinápticas pode ser flexibilizada fisiologicamente pelo uso, com reforço de algumas e anulação funcional de outras. Alguns circuitos podem ter existência breve, somente em situações ontogenéticas específicas. Esses estudos possibilitam até uma hipótese de “seleção neuronal” (EDELMAN, 1994), em que uma parte dos neurônios que estabeleceram conexões mal sucedidas estaria fadada à morte.

Destaque-se, no entanto que, também no sistema neural, há evidências da participação de mecanismos aleatórios (HUMPHRIES; DRIVER, 1967; KAVANAU, 1967). Não se sabe se ocorrem, realmente, crescimentos de ramificações neuronais exploratórias, experimentadoras e adirecionais, que seriam posteriormente fixadas ou não, em decorrência de estímulos funcionais. Pelo menos, há evidências de que alguns neurotransmissores podem ser liberados adirecionalmente. São conhecidas as varicosidades axonais intersticiais, onde vesículas podem liberar seus conteúdos diretamente para o espaço intercelular, por exocitose (Figura 4; BENADET; DESCARRIES, 1978; CUELLO, 1983; HÖKFELT, 1968). Tais processos são bem estudados nos sistemas aminérgicos, que incluem o Sistema Simpático, e utilizam catecolaminas derivadas da tirosina (L-dopa, dopamina, adrenalina e noradrenalina) como mediadores. Os axônios são tipicamente não mielinizados e com muitas ramificações pré-terminais (ADELMAN, 1987). Esses sistemas estão relacionados, periféricamente, com algumas vísceras (como fígado, coração, intestinos, músculo liso vascular e órgãos de produção de energia); centralmente, principalmente com o *locus ceruleus* e a formação reticular da ponte, hipotálamo, amígdala e giro dentado do hipocampo, conectando com várias áreas corticais, subcorticais, *medulla oblongata* e medula espinhal, núcleos do diencefalo e para-ventriculares, substância *nigra*, tegumento ventral, *striatum* e sistema límbico. As principais funções centrais relacionadas com esses sistemas catecolaminérgicos são alguns tipos de movimentos (alterados no Parkinsonismo) e alguns comportamentos básicos como disposição afetiva, os estados de vigília ou sono, alimentação e atenção, pressão arterial, com enfoque na pituitária via liberação de hormônios como adrenocorticotrófico e prolactina.

FIGURA 4 - Difusão de mediadores da comunicação intercelular.



Na transmissão sináptica (esquerda), uma parte dos neurotransmissores faz percurso dirigido através da fenda mas outros podem se difundir não-direcionalmente. Uma fração destes pode funcionar no reforço sináptico, como mensageiros retrógrados, importantes na potenciação de longo prazo dos circuitos de memória. Em alguns setores do sistema neural, há liberação de neurotransmissores a partir de varicosidades intersticiais dos neurônios (direita); seus efeitos não são direcionais, mas regionais.

O percurso dos neurotransmissores não é dirigido como nas sinapses, mas tortuoso, difundindo-se pelo tecido, com irregularidades de concentração. A imagem é de formação de nuvens e nebulosidades de neurotransmissores, com efeitos do tipo de 'campos de forças' e gradientes irregulares. Tais mecanismos são similares aos das neurosecreções parácrinas (DOCKRAY; GREGORY, 1980). Grande atenção tem sido dada, recentemente, para os neurotransmissores gasosos (CO, NO) e outros, que demonstram alta difusibilidade (espalhando-se por áreas com cerca de 40 μm de diâmetro) e podem ser originados de terminações sinápticas (BIANCHIN et al., 1995; IZQUIERDO, 1995; IZQUIERDO et al., 1995a, b), como 'mensageiros retrógrados' possivelmente envolvidos nos mecanismos de memória e de Potenciação de Longo Prazo (MURTHY, 1997).

Um possível relaxamento ou rebaixamento das atividades conscientes, em momentos de transe ou de alto conteúdo emocional e envolvimento afetivo, desencadeado por vários mecanismos (meditação profunda, controle respiratório, ritmos de tipos diversos, hipnose, drogas psicotrópicas etc), faz sentido biológico. Parece válida a proposta de que, nessas situações, como no sono, as atividades cerebrais sejam mais espontâneas, com predomínio do inconsciente. Seria interessante investigar, dentre vários mecanismos possíveis, p. ex., se: (a) processos indeterminísticos de comunicação neural são acentuados nessas situações de oxigenação cerebral reduzida, com redução das atividades conscientes. A difusão de

oxigênio no interstício cerebral, além de muito lenta, é grandemente limitada pelo seu esgotamento rápido em tecido de elevada atividade metabólica (NICHOLSON; HOUNSGAARD, 1983); (b) a ativação de qualquer componente de arranjos circulares de memória, conforme proposto com base nos circuitos metabólicos (GUIMARÃES, 1998a), poderá ativar concomitantemente os outros componentes, inclusive os anterógrados, e suas ramificações conectadas. Tais mecanismos poderiam alterar a ordem de sucessão de eventos registrados (como construção e reconstrução da temporalidade pela mente), mas não seriam aplicáveis a eventos definitivamente por vir (se esta noção pode ser mesmo real e externa ao interpretador).

Benefícios da aleatoriedade

A utilização de mecanismos não-deterministas para geração de variabilidade parece ser um modo econômico e barato de preencher o espaço de variação disponível. Indica-se que processos deterministas seriam muito dispendiosos para obtenção dos mesmos resultados. Prescindiu-se de garantir somente os bons resultados, em cada caso individual, porque a não-direcionalidade pode produzir também os maus efeitos, mas o processo evolutivo adotou esses mecanismos, até o momento com sucesso, indicando que os benefícios superaram os desperdícios. A evolução natural simplesmente descartou os insucessos e aproveitou os bons produtos, e isto foi suficiente para garantir a permanência evolutiva. Esse processo segue os preceitos amplos da auto-organização, mais do que os pontuais, darwinianos. Na auto-organização (DEBRUN, 1996), não se despende energia em atuar contra os elementos que não produzem interações adequadas com o sistema vigente, só se aproveita os que produzem as interações adequadas, desprezando os outros. A seleção natural, em atuação contra os indesejáveis, se superpõe somente nos casos especiais dos elementos que produzem interferências ou conflitos, que poderiam prejudicar o sistema. Como dizem os roqueiros Titãs: 'só quero saber do que pode dar certo, não tenho tempo a perder' (BRITTO; TORQUATO NETO, 1990). O ensinamento não é de 'luta pela sobrevivência frente a opositores' mas, principalmente, de oferecer estímulos e recompensas aos bons interagentes.

As observações acima sugerem que as regras tradicionais da Genética Fisiológica, dizendo que o fenótipo resulta de interação do genótipo herdado com o ambiente ($F = G + A$) ou da Genética de Populações e Evolutiva, dividindo a Variância Fenotípica em Variância Genética Herdada + Variância Ambiental ($s^2F = s^2G + s^2A$), devem ser ampliadas (Tabela 4). Faz-se necessário destacar que a ontogênese também contribui com mecanismos próprios de produção de variância, ampliando a 'norma de reação' dos indivíduos e populações: Variância Fenotípica = Variância Genética

Herdada + Variância Ontogenética (endógena) + Variância Ambiental (externa). Para manter maior homogeneidade com a terminologia tradicional, o componente ontogenético poderia ser chamado de meio ou ambiente interno ao organismo, mas com a ressalva de que incorpora tanto variações genéticas somáticas como variações regulatórias, gênicas, metabólicas e comportamentais ($s^2F = s^2G + s^2O + s^2A$). Indica-se que pode ser interessante o estudo destacado desse componente, em experimentos com gêmeos ou clones (fixando-se s^2G), criados em ambientes iguais e controlados (fixando-se s^2A), como em tubos de ensaio ou 'bolhas'. As medidas de s^2F fornecerão, por diferença, as de s^2O . Tais experimentos são somente aproximados por medidas dos coeficientes de variação (CV) em condições naturais: para caracteres e populações fortemente canalizados, os CV podem ser muito baixos (2-9%; MAYNARD-SMITH, 1960; NANNEY et al., 1978), mas outros caracteres apresentam CV de até 40-50% (FROTA-PESSOA et al., 1963; NORRIS; SHOCK, 1966).

TABELA 4 - Componentes da variância fenotípica

Fórmula clássica ('genecêntrica')	Fórmula sistêmica
Genética + Ambiental = Fenotípica	Genética + Ontogenética + Ambiental = Fenotípica [organismo]

À variância ontogenética correspondem novos 'graus de liberdade', importantes no desempenho dos organismos. Não são introduzidas novidades para os biólogos ou geneticistas, mas tenta-se organizar melhor o conhecimento existente, com o destaque devido à operação da ontogênese (GUIMARÃES, 1992, 1994; WADDINGTON, 1957). Os geneticistas sempre destacaram que 'o genótipo não determina o fenótipo' mas foram simplistas na explicitação do conceito pela fórmula $F = G + A$, onde pode-se ler: genes e sua regulação, o genético e o epigenético, ou genes e 'o resto'. Chamar esse 'resto' de ambiente conduz a duas imprecisões, ambas denotando 'genecentrismo': despreza-se a função dos outros componentes celulares e a continuidade do processo vital, que sempre se refere a células inteiras, não somente a genes, e os componentes não genéticos da célula são confundidos com o ambiente externo. É interessante a observação (que tomo emprestado de Eliane Azevedo, da Univ. Fed. Bahia): à diferença das doenças infecciosas ou parasitárias, em que o agente externo é causa necessária, nas doenças genéticas, o gene alterado pode não sê-lo, desde que as mesmas podem ser causadas por efeitos somente regulatórios ou ambientais externos, sendo chamadas de fenocópias. Permanecem as semelhanças quanto à suficiência parcial: em ambos casos, a alteração depen-

de tanto de um agente (infeccioso, parasitário ou genético) como de outros fatores predisponentes ou associados.

Agradecimentos: apoio de CNPq e FAPEMIG; Conceição R Machado e Ramon M Cosenza, por referências e discussões sobre o sistema neural.

Referências Gerais

Quando não há referência específica citada, consulte-se, para aspectos básicos de

1) fisiologia celular:

ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. (tradução da 3ª ed., New York: Garland, 1994).

2) evolução biológica:

GRANT, V. *The origin of adaptations*. New York: Columbia University Press, 1971.

MAYR, E. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge: Belknap/Harvard University Press, 1982.

A suficiência de tais referências gerais, não muito recentes mas boas representantes da biologia clássica, para grande parte da discussão aqui apresentada, indica que o texto pode ser visto como uma releitura ou reinterpretação (estas atualizadas) de dados já sedimentados, não decorrentes da alta tecnologia recente. A compilação compreensiva e a atualização conceitual são os principais objetivos do trabalho.

Referências

ADELMAN, G. (Ed.) *Encyclopedia of neuroscience*. Axelrod J, Catecholamines, p 192-194; Roth R H, Dopamine, p 329-333. Birkhäuser, Boston.

ALMÁSSY, N.; VERSCHURE, P. 1992 Optimizing self-organizing control architectures with genetic algorithms: the interaction between natural selection and ontogenesis. In: MÄNNER, R.; MANDERICK, B. (Ed.) *Parallel problem solving from nature-2*. North Holland: Elsevier, 1992. p. 451-460.

BENADET, A.; DESCARRIES, L. The monoamine innervation of rat cerebral cortex: synaptic and non-synaptic axon terminals. *Neuroscience*, n. 3, p. 851-860, 1978.

BEUTLER, E. Gene inactivation and the distribution of gene products among populations of cells in heterozygous humans. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, v. 29, p. 261-271, 1964.

_____.; YEH, M.; FAIRBANKS, V. F. The normal human female as a mosaic of X-chromosome activity: studies using the gene for G-6-PD deficiency as a marker. *Proc. Nat. Acad. Sci USA*, v. 48, p. 9-16, 1962.

- BIANCHIN, M. et al. Memory of inhibitory avoidance in the rat is regulated by glutamate metabotropic receptors and by calmodulin kinase II in the hippocampus. *Ciênc. Cult.*, v. 47, p. 193-195, 1995.
- BRITTO, S.; TORQUATO NETO. Go back. In: TITÃS. Compact Disk 'Go back'. . Voz: Britto S, gravado em Montreux, 8 julho 1988. São Paulo: Warner Music BrasSil Ltda, 1990.
- CAMPBELL, D.; FARMER, D.; ROSE, H. Order in chaos. *Review of the Center for Non-Linear Studies' Conference on Chaos in Deterministic Systems. Los Alamos Sci*, v. 3, 1982, p. 66-72.
- CHANDRA, H. S.; BROWN, S. W. Chromosome imprinting and the mammalian X chromosome. *Nature*, v. 252, p. 65-168, 1975.
- COURNOT, A. A. *Exposition de la théorie des chances et des probabilités*. Paris: [s.n.], 1843.
- CRICK, F. H. C. Diffusion in embryogenesis. *Nature*, v. 225, p. 420-422, 1970.
- _____. Control mechanism of growth and differentiation. *Symp. Soc. Exp. Biol. London*, n. 25, p. 429-438, 1971.
- CUELLO, A. C. *Nonclassical neuronal communications. Fed. Proc*, v. 42, p. 2912-2922, 1983.
- CUSHLEY, W.; WILLIAMSON, A. R. Expression of immunoglobulin genes. *Essays Biochem*, v. 18, p. 1-39, 1982.
- DEBRUN, M. Por que, quando e como é possível falar em auto-organização? In: ____; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Orgs.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, 1996, p. xxxiii-xliii. (Coleção CLE, n. 18).
- _____. A idéia de auto-organização. In: ____; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Orgs.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, 1996, p. 3-23. (Coleção CLE, n. 18).
- _____. A dinâmica da auto-organização primária. In: ____; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Org.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, 1996, p. 25-59. (Coleção CLE, n. 18).
- DIXON, M.; WEBB, E. C. *Enzymes*. Londres: Longman, 1979.
- DOBZHANSKY, T. Chance and creativity in evolution. In: AYALA, F. J.; _____. *Studies in the phylosophy of biology: reduction and related problems*. Berkeley: Macmillan, 1974, p. 307-338.
- _____. *Studies in the phylosophy of biology: reduction and related problems. Ciênc. Cult.* v. 29, p. 1203-1224, 1977.
- DOCKRAY, G. J.; GREGORY, F. R. S. Relations between neuropeptides and gut hormones. *Proc. Roy. Soc. London B*, v. 210, p. 151-164, 1980.
- ECO, U. *O nome da rosa*. 17 ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1983. 470p.
- EDELMAN, G. M. *Bright air, brilliant fire: on the matter of the mind*. London: Penguin, 1994.
- FOX, J. R.; WAYLAND, H. Interstitial diffusion of macromolecules in the rat mesentery. *Microvasc. Res.*, v. 18, p. 255-276, 1979.

- FREHLAND, E. *Stochastic transport processes in discrete biological systems*. Berlin: Springer, 1982.
- FROTA-PESSOA, O.; GOMES, E. L.; CALICCHIO, T. R. Christmas factor: dosage compensation and the production of blood coagulation factor IX. *Science*, v. 139, p. 348-349, 1963.
- FULTON, A. B. How crowded is the cytoplasm? *Cell*, v. 30, p. 345-347, 1982.
- GRANT, S. G.; CHAPMAN, V. M. Mechanisms of X-chromosome regulation. *Annu. Rev. Genet.*, n. 22, p. 199-233, 1988.
- GUIMARÃES, R. C. Systemic approaches in genetics. *Ciênc. Cult.*, v. 44, p. 314-319, 1992.
- _____. Genética pós-moderna. *Rev. Ciênc. Bioméd.*, v. 14, p. 65-81, 1994.
- _____. A base celular dos mecanismos de memória. In: ESTEVES, A. B. (ORG.) *Encontro com as ciências cognitivas IB*. Campos dos Goytacases: Universidade Estadual Norte Fluminense, 1998a. p. 17-24.
- _____. O conceito de informação em biologia. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. *Encontro com as ciências cognitivas*. Marília: Unesp-Marília-Publicações, 1998b. v.2, p. 169-193.
- _____.; MORETTI-FERREIRA, D. Doenças genéticas. In: BRASILEIRO FILHO, G. et al. (Ed) *Bogliolo-Patologia*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1994, p. 254-270.
- HÖKFELT, T. In vitro studies on central and peripheral monoamine neurons at the ultrastructural level. *Z. Zellforsch. Mikr. Anat.*, v. 91, p. 1-74, 1968.
- HUMPHRIES, D. A.; DRIVER, P. M. Erratic display as a device against predators. *Science*, n. 156, p. 1767-1768, 1967.
- IZQUIERDO, I. Pre-and postsynaptic events in long-term potentiation and perhaps in memory. *Ciênc. Cult.*, v. 47, p. 217, 1995.
- _____. et al. Synaptic messenger substances in memory processes. *Ciênc. Cult.*, v. 47, p. 252-255, 1995a.
- _____. Experiments suggesting a role for the platelet-activating factor in hippocampal and amygdala synapses in memory in rats. *Ciênc. Cult.*, v. 47, p. 177-179, 1995b.
- JUNG, C. G. Synchronicity: an acausal connecting principle. In: *The interpretation of nature and the psyche*. *Bollingen Series*, New York, v. 51, p. 419-519, 1955. Traduzido do original de 1952.
- KAVANAU, J. L. Behavior of captive white-footed mice. *Science*, v. 155, p. 1623-1629, 1967.
- LEWIS, J. *Beyond chance and necessity: a critical enquiry into prof. Jacques Monod's chance and necessity*. New Jersey, USA: Humanities Press, 1974.
- LIEB, W. R.; STEIN, W. D. The molecular basis of simple diffusion within biological membranes. *Curr. Topics Membr. Transp.*, v. 2, p. 1-39, 1971.
- MAYNARD-SMITH, J. Continuous, quantized and modal variation. *Proc. Roy. Soc.*, London B, v. 152, p. 397-409, 1960.
- MONOD, J. *Le hasard et la nécessité*. Paris: Seuil, 1970.

- MURTHY, V. N., Synaptic plasticity: neighborhood influences. *Curr. Biol.*, v. 7, p. r512-r515, 1997.
- NAGEL, E. *The structure of science*. New York: Harcourt, Brace and World, 1961.
- NANNEY, D. L.; CHEN, S. S.; MEYER, E. B. Scalar constraints in Tetrahymena evolution: quantitative basal body variations within and between species. *J. Cell Biol.* v. 79, p. 727-736, 1978.
- NICHOLSON, C.; HOUNSGAARD, J. Diffusion in the slice microenvironment and implications for physiological studies. *Fed. Proc.*, v. 42, p. 2865-2868, 1983.
- NORRIS, A. H.; SHOCK, N. W. Aging and variability. *Ann. New York Acad. Sci.*, v. 134, p. 591-601, 1966.
- O'GRADY, R. T. Historical processes, evolutionary explanations, and problems with teleology. *Canad. J. Zool.* v. 64, p. 1010-1020, 1986.
- PATEL, S. R. Statistical behavior of reactants in turbulent field. *Ciênc. Cult.*, v. 36, p. 63-69, 1984.
- PEREIRA JÚNIOR, A.; GUIMARÃES, R. C.; CHAVES JÚNIOR, J. C. Auto-organização em biologia: nível ontogenético. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, 1996, p. 239-269. (Coleção CLE, v.18).
- PIMENTEL-SOUZA, F. Considerações sobre os conceitos de estabilidade e de variabilidade experimental. *Ciênc. Cult.*, v. 31, p. 40-47, 1981.
- POTTER, V. R. *Bioethics*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1971.
- ROBERTSON, M. Gene rearrangement in the generation of diversity. *Nature*, v. 297, p. 184-186, 1982.
- _____. The evolutionary past of the major histocompatibility complex and the future of cellular immunology. *Nature*, v. 297, p. 629-632, 1982.
- TOTTER, J. R. 1981 Some reflections on ... In: RODGERS, M. A. J.; POWERS, E. L. (Ed.) *Oxygen and oxy-radicals in chemistry and biology*. New York: Academic Press, 1981, p. 1-13.
- VANDENBERG, S. G.; MCKUSICK, V. A.; MCKUSICK, A. B. Intrapair differences between monozygotic male and female twins. *Nature*, v. 194, p. 505-506, 1962.
- VANDEBERG, J. L. Developmental aspects of X chromosome inactivation in eutherian and metatherian mammals. *J. Exp. Zool.*, v. 228, p. 271-286, 1983.
- WADDINGTON, C. H. *The strategy of the genes: a discussion of some aspects of theoretical biology*. London: George Allen and Unwin, 1957.
- WANG, E.; GOLDMAN, R. D. Functions of cytoplasmic fibers in intracellular movements in BHK-21 cells. *J. Cell Biol.*, v. 79, p. 708-726, 1978.

ADAPTAÇÃO, CAOS E COGNIÇÃO

Gustavo Maia SOUZA¹

Este pequeno ensaio tem como objetivo reforçar a idéia da adaptação de sistemas biológicos ao seu ambiente como um processo cognitivo elementar, e relacionar a este processo um comportamento não-periódico, possivelmente caótico, que tenderia a melhorar sua performance.

Sistemas biológicos são sistemas termodinamicamente abertos que otimizam o fluxo de energia útil em benefício próprio e dissipam energia não disponível para trabalho (entropia). Ao processo de aumento da quantidade de energia útil para o sistema, geralmente está associado um processo de aumento de complexidade mas, em alguns casos, pode ocorrer uma redução da complexidade do sistema ou de sub-sistemas. O aumento de complexidade, ou diversificação de elementos constituintes e/ou funções no sistema, acarreta um aumento da quantidade de informação organizada no sistema. A complexificação de um sistema biológico envolve uma organização espacial e temporalmente hierarquizada (aninhada) que torna a dissipação de entropia mais eficiente, assim como os processos de transformação de energia para a manutenção da vida. Estes processos são inerentemente processos auto-organizados, uma vez que todo o sistema biológico está imerso em um universo cujo ruído lhe exige constantes ajustes sem a supremacia de um controle externo a ele (SOUZA; MANZATTO, 2000).

Ambos os processos onto e filogenéticos dos sistemas biológicos estão intimamente relacionados a capacidade destes suportar as perturbações ambientais. Em outras palavras, a evolução dos sistemas biológicos é um constante adaptar-se ao ambiente exprimindo todo o potencial criativo da natureza através da criação de diferentes mecanismos e formas, que a própria natureza trata de selecionar, muitas vezes convergindo diferentes soluções. Neste contexto, o processo de seleção natural tem um papel secundário na evolução, apenas eliminando erros ou soluções inadequadas ou pouco eficientes. Cabe ao processo de adaptação e auto-organização desempenhar um papel fundamental na busca das melhores soluções de, em última análise, dissipar energia mais eficientemente e buscar a otimização dos processos de transformação de energia nos sistemas biológicos.

¹ Departamento de Ciências Biológicas. Laboratório de Plantas em Condições de Estresse. ESALQ/USP - Piracicaba - SP. E-mail: gumaia@ig.com.br

Adaptação e cognição

Basicamente, o processo de adaptação de um sistema biológico às flutuações de seu meio circunvizinho envolve as seguintes etapas: a) percepção da flutuação, b) processamento de uma resposta, c) implementação da resposta, e d) armazenamento ou não do padrão de resposta emitido.

A etapa de percepção do ambiente envolve as estruturas do sistema biológico que possuem algum tipo de fluxo informacional com seu ambiente, esta é a região de fronteira entre o sistema e seu meio. Evidentemente, uma determinada flutuação ambiental só é percebida se o sistema em questão possuir as estruturas (sensores) necessárias para tal, assim nem todas as flutuações ambientais são percebidas por todos os sistemas biológicos, e nem todas as oscilações são percebidas da mesma maneira. Os sentidos como a visão, por exemplo, são muito diferentes entre o ser humano e uma planária, o primeiro percebe um espectro de luz que varia do vermelho ao azul possibilitando ver muitas combinações de cores, o segundo percebe apenas claro e escuro. O processamento de uma resposta geralmente envolve vários níveis da organização hierárquica em um sistema biológico. Por exemplo, a resposta a extremos de temperatura envolve a ativação de um conjunto gênico específico que expressa uma família de proteínas, que por sua vez provocam alterações fisiológicas em um nível superior de organização. Algumas vezes, o tipo de resposta emitida pode não apenas trazer modificações para o sistema, como também alterar o próprio meio. E isto é o que provavelmente aconteceu no início da formação da vida em nosso planeta, com as bactérias modificando a composição química da atmosfera que propiciou uma explosão de vida na Terra. Uma vez emitida uma determinada resposta, o processo pelo qual ela foi gerada pode ser incorporado ao sistema, como ocorre normalmente com as respostas emitidas pelo nosso sistema imunológico.

Estas etapas se relacionam diretamente a um processo cognitivo básico constituído pela percepção de alguma informação, processamento desta informação e resposta imediata e/ou futura, envolvendo aprendizagem. Neste sentido, podemos relacionar o processo de adaptação existente em qualquer nível de vida a um processo básico de aprendizagem, sem emissão de juízos ou envolver processos relacionados a uma mente consciente.

Tal abordagem encontra eco nas idéias de Humberto Maturana, que cunhou o termo autopoiese, isto é, a propriedade de um ser vivo especificar suas próprias leis, aquilo que lhes é próprio, onde o ambiente tem o papel de desencadear as mudanças estruturais nas unidades autopoieticas (SOUZA, 1998). Este campo também tem sido objeto de interesse da biossemiótica (HOFFMEYER, 1997).

Segundo Arhem e Liljenström (1997), aprendizado, conhecimento e solução de problemas, em um sentido amplo, emergiram na Terra com a origem da vida. Nesta perspectiva, aprendizagem e conhecimento não são necessariamente mediados por um sistema nervoso, entretanto, um sistema nervoso aumenta a velocidade e a abrangência do aprendizado, bem como a flexibilidade na interação com o ambiente. Estes autores sugerem que o processo de aprendizagem via sistema nervoso e o processo independente da existência de neurônios basicamente são uma combinação de processos estocásticos e de seleção, mais que de processos de instrução repetitiva. Entretanto, a cognição consciente difere da cognição inconsciente, estando a primeira associada com a experiência subjetiva.

Um ambiente qualquer onde está imerso um sistema biológico possui uma quantidade muito grande de variáveis, como luz, temperatura, umidade, gradientes químicos, que oscilam constantemente, hora de maneira sutil hora de maneira brusca. Mas uma coisa parece certa, por mais que um ambiente possa ser controlado sempre apresentará mínimas variações de seus elementos constituintes. Portanto, o ambiente sempre está exigindo algum tipo de resposta dos sistemas biológicos, e cabe a eles aprender a lidar com isto ou perecer.

Neste contexto, parece razoável supor que, para adaptar-se ao ambiente mantendo uma certa estabilidade organizacional, os sistemas vivos também devam se comportar ou possuir mecanismos de ajustes constantes e certamente não-lineares em função da quantidade de elementos envolvidos em sua relação com o meio externo e à ação de mecanismos de feedback. De fato, provavelmente estes comportamentos de adaptação e aprendizagem devem possuir um comportamento não-periódico, uma vez que as variáveis ambientes dificilmente modificam-se de modo periódico.

Muitos estudos com diferentes sistemas biológicos, de enzimas à ecossistemas, determinaram a ocorrência de comportamentos caóticos (MAY, 1989; MOSEKILD; MOSEKILD, 1991; STONE; EZRATI, 1996). A questão que surge diante destes fatos é: Qual seria a vantagem para os sistemas vivos apresentarem dinâmicas caóticas? Porque elas deveriam ocorrer? Provavelmente, não deve ser um acidente da evolução e muito menos algo prejudicial, afinal, os sistemas aqui apresentados possuem milhares de anos de evolução. Por exemplo, um comportamento errático do coração em recém nascidos está mais associado com saúde do que um comportamento regular. O mesmo pode ser observado em relação a distúrbios neurofisiológicos, que estão relacionados à uma menor variabilidade de comportamentos (ÇAMBEL, 1993).

Cada vez mais, a medida que novos sistemas são analisados sob a luz da teoria do caos, percebe-se que uma dinâmica caótica parece

ser a regra muito mais que dinâmicas menos complexas. Parece que muitos processos psicológicos apresentam um comportamento que se repete exatamente mas não é previsível em detalhes, isto é, os processos psicológicos parecem ter componentes estacionários cuja previsibilidade exata de ocorrência reduz-se dramaticamente com o passar do tempo. Assim, possivelmente tratam-se de processos não-lineares modelados por um atrator caótico (GOERNER; COMBS, 1998).

Isto tudo sugere que os sistemas biológicos estão intimamente acoplados ao seu meio, como em uma dança cósmica com alguns passos imprevisíveis.

Entretanto, é importante definirmos precisamente o que estamos chamando de caótico. Certamente não é no sentido do senso comum, como algo absolutamente desordenado e confuso.

Caos determinístico

Como vimos anteriormente, sistemas biológicos possuem uma dinâmica não-linear que pode levar o sistema a estados caóticos.

Um comportamento caótico pode ser caracterizado por apresentar (ÇAMBEL, 1993; FIEDLER-FERRARA; PRADO, 1994; WILLIAMS, 1997):

- a) imprevisibilidade, isto é, o conhecimento do estado do sistema durante um tempo arbitrariamente longo não permite predizer, de maneira imediata, sua evolução posterior. A imprevisibilidade está associada à sensibilidade às condições iniciais (efeito borboleta);
- b) espectro contínuo (Fourier) de frequências dos estados, caracterizando um comportamento aperiódico;
- c) atrator com dimensão fractal;
- d) estacionaridade, isto é, embora aperiodicamente, os padrões tendem a repetir.

Diferentemente, a evolução de um processo estocástico não é determinística. Num processo regular (periódico) pontos inicialmente próximos continuam assim ao longo da trajetória, nenhuma informação adicional é produzida. Consequentemente, deve-se esperar uma entropia associada (entropia de Kolmogorov-Sinai, ou entropia K) nula, isto é, $K = 0$. Já em um processo aleatório (estocástico ou randômico), pontos inicialmente próximos são distribuídos com igual probabilidade para qualquer nova posição consistente com o sistema. Assim, existe geração de informação assintoticamente infinita no sistema, ou seja, $K \rightarrow \infty$. Para processos caóti-

cos, devido à SCI, pontos inicialmente adjacentes separam-se exponencialmente com a evolução temporal. Existe geração de informação no sistema e a entropia é finita e positiva, isto é, $0 < K \leq \sum \lambda_i$, $\lambda_i > 0$, onde os λ_i são os expoentes de Lyapunov positivos, assim, $K = \sum \lambda_i$, $\lambda_i > 0$. Vale enfatizar que a existência de uma entropia K positiva e finita é condição suficiente para a existência de caos determinístico (FIEDLER-FERRARA; PRADO, 1994).

Uma analogia: simulação com o jogo da vida

Para ilustrar melhor a idéia de que uma dinâmica não periódica pode ser mais favorável a sobrevivência e adaptação de um dado sistema, incorporando ruídos, tomamos como exemplo uma analogia realizada em um autônomo celular mostrando o que acontece quando um sistema periódico sofre uma perturbação, e o que acontece quando um sistema não periódico sofre uma mesma perturbação.

Utilizamos um simples autômato conhecido como LIFE-3000, que implementa uma versão para Windows do Jogo da Vida de John Conway. Em um látice 40×40 , simulamos um sistema periódico com 144 células iniciais vivas. Representando um ruído externo, ao autômato inicial foi adicionado uma única célula em um local aleatório, adjacente a outras células vivas. Logo a partir das primeiras iterações, a dinâmica periódica inicial foi sensivelmente modificada (Figura 1) e não se recuperou ao final da simulação. Quando o mesmo foi feito com um sistema inicialmente não-periódico, com o mesmo conjunto de regras, tamanho de látice e população inicial, o ruído adicionado ao sistema não alterou o comportamento geral do sistema (Figura 2).

Esta simples simulação nos sugere que uma dinâmica não-periódica pode ser mais apropriada para um determinado sistema manter-se estável em um ambiente que lhe impõe um ruído externo. Isto é, um sistema 'dançando' harmoniosamente como seu ambiente poderia ter maiores chances de adaptar-se a ele, em outras palavras, aprender a conviver com seu meio através de uma organização flexível.

Entretanto, este resultado é apenas válido para esta simulação, com as condições específicas aqui utilizadas. Caso as regras do jogo e as condições iniciais fossem alteradas, os resultados seriam imprevisíveis. Inclusive havendo a possibilidade de sistemas periódicos serem mais eficientes em suportar perturbações. Evidentemente, na natureza, tudo isto é ainda muito mais complexo, havendo uma infinidade de tipos de sistemas coexistindo, inclusive sub-sistemas de diferentes dinâmicas em um mesmo sistema.

FIGURA 1 - FFT de a) sinal periódico simulado inicial, e b) com adição de ruído.

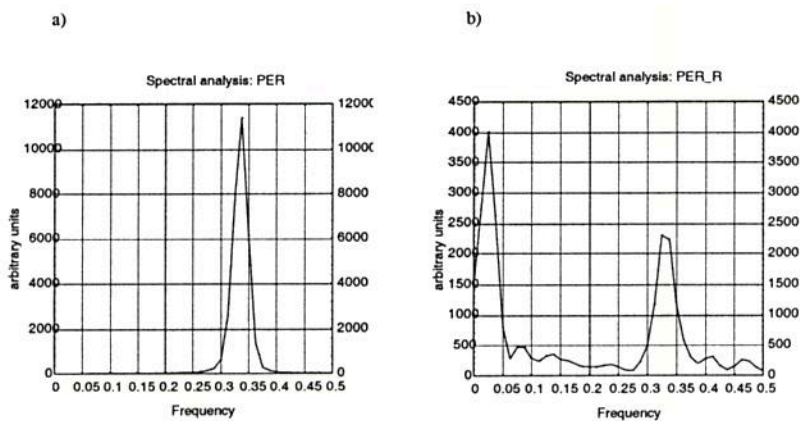
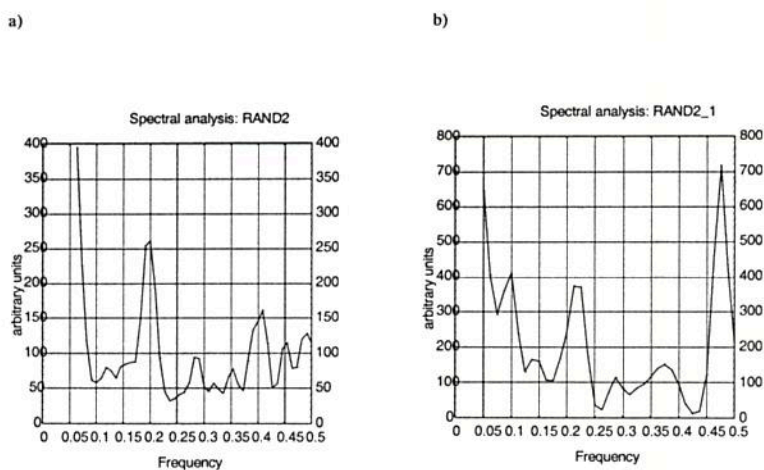


FIGURA 2 - FFT de a) sinal não-periódico simulado inicial, e b) com adição de ruído.



Considerações finais

O fato do processo cognitivo elementar nos sistemas biológicos poder estar associado com comportamentos caóticos lhe confere uma maior flexibilidade para possibilitar um aumento de sua estabilidade no ambiente otimizando o processo de incorporação do ruído externo.

Subjacente a esta relação, que nos referimos como uma dança harmoniosa entre os sistemas biológicos e seu meio, parece haver um padrão de comportamento associado a uma lei do expoente, onde grandes respostas são menos frequentes que pequenas respostas. Este comportamento é conhecido como criticalidade auto-organizada. Para um sistema crítico, a mesma perturbação aplicada em diferentes posições ou na mesma posição em diferentes tempos pode levar a respostas de todos os tamanhos, obedecendo uma distribuição do tipo $P_{(s)} \sim s^{-b}$ (BAK, 1996, JENSEN, 1998). Este tipo de relação é mais conhecida como ruído $1/f$. Os dados de Gilden et al. (1995) obtidos com os erros de uma pessoa quando tenta produzir de memória um dado intervalo espacial ou temporal exibiu uma relação do tipo $1/f$. Isto, segundo os autores, sugere a possibilidade de que a cognição possua organizações formais ou fisiológicas que são comuns à dinâmica de sistemas complexos.

Referências

- ÄRHEM, P.; LILJENSTRÖM, H. On the coevolution of cognition and consciousness. *Journal of Theoretical Biology*, v. 187, p. 601-612, 1997.
- BAK, P. *How nature works: the science of self-organized criticality*. New York: Springer-Verlag, 1996.
- ÇAMBEL, A. B. *Applied chaos theory*. Boston: Academic Press, 1993.
- FIEDLER-FERRARA, N.; PRADO, C. P. C. *Caos: uma introdução*. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.
- GILDEN, D. L.; THORNTON, T.; MALLON, M. W. $1/f$ noise in human cognition. *Science*, v. 267, p. 1837-1839, 1995.
- GOERNER, S.; COMBS, A. Consciousness as a self-organizing process: an ecological perspective. *BioSystems*, v. 46, p. 123-127, 1998.
- HOFFMEYER, J. Biosemiotics: towards a new synthesis in biology. *European Journal for Semiotics Studies*, v. 9, n. 2, p. 355-376, 1997.
- JENSEN, H. J. *Self-organized criticality: emergent complex behaviour in physical and biological systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- MAY, R. The chaotic rhythms of life. *New Scientist*, v. 124, p. 21-25, 1989.
- MOSEKILD, E.; MOSEKILD, L. (Org.) *Complexity, chaos, and biological evolution*. New York: Plenum Press, 1991, Series B: Physics v. 270.

SOUZA, G. M. A natureza das formas biológicas: a auto-organização e a cognição formadoras. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. (Org.). *Encontro com as ciências cognitivas*. Marília: Unesp-Marília-Publicações, 1998. v.2. p. 49-67.

SOUZA, G. M.; MANZATTO, A. G. Hierarquia auto-organizada em sistemas biológicos. In: D'OTTAVIANO, I. M. L.; GONZALEZ, M. E. Q. *Auto-organização*. Campinas: UNICAMP, p. 153-173, 2000. (Coleção CLE, v. 30).

STONE, L.; EZRATIS, S. Chaos, dynamics in plant ecology. *Journal of Ecology*, v. 84, p. 279-291, 1996.

WILLIAMS, G. P. *Chaos theory tamed*. Washington, D.C: Joseph Henry Press, 1997.

CONSCIÊNCIA: UM ARTIFÍCIO EVOLUTIVO?¹

Carla Laino CÂNDIDO²

No decorrer das últimas décadas, o trabalho em Neurociência cognitiva tem permitido correlacionar, clinicamente ou em experimentos, determinado comportamento a um padrão específico de atividade cerebral, tratando cientificamente os fenômenos subjetivos. A demonstração da natureza biológica do funcionamento mental através da exploração não-invasiva do cérebro humano em nível celular ilustra os mecanismos físicos da cognição, mas não fornece acesso à consciência imediata (ENGELMANN, 1997). São poucas as evidências a respeito da experiência que acontece entre a ocorrência de um padrão neural específico e a constituição de uma representação mental.

Dificuldades metodológicas e epistemológicas cercam esse assunto que nos remete à relação entre a mente e o corpo. Há um consenso em torno da idéia de que o cérebro não registra o mundo externo como uma fotografia tridimensional, mas constrói uma representação interna dos eventos físicos. A questão mais premente da ciência neural cognitiva atualmente é explicar de que maneira ocorre essa reconstrução (KANDEL; SCHWARTZ; JESSEL, 1997). O primeiro passo para resolvermos tal questão coloca-se na dimensão evolutiva: como constituíram-se as qualidades de organização que caracterizam a existência, estrutura, funcionalidade da mente consciente?

Córtex cerebral

Existe uma massa central de tecido cinzento, recoberta de tecido branco tanto no tubo de organismos mais primitivos, quanto na medula espinhal e nos centros inferiores do cérebro humanos. Para Rose (1984), a medida que os organismos ósseos se desenvolveram a partir dos cartilagenosos, surgiu o encapsulamento do tubo neural dentro da coluna espinhal. O telencéfalo, que nos mamíferos se desenvolveu a partir dos lobos olfativos, formou os hemisférios cerebrais, e, desde os anfíbios até os

¹ Artigo extraído da tese de doutoramento orientada pelo Prof. Dr. José Roberto Castilho Piqueira – Escola Politécnica da USP – São Paulo, com o auxílio da bolsa CAPES.

² Instituto de Psicologia da USP – São Paulo e-mail: carlalcandido@hotmail.com

mamíferos, passando pelos répteis, houve uma predominância da parte mais frontal do cérebro.

O desenvolvimento de cérebros maiores exigiu duas grandes mudanças na construção do sistema nervoso: o afastamento entre os nervos e o tubo digestivo e a concentração central da energia nervosa. O arranjo dos neurônios como uma pele, ou córtex, recobrando a massa branca interna, propiciou aumento de quantidade e interligações, desenvolvendo os órgãos sensoriais e otimizando o processamento de novas informações. Esse pequeno aumento na área da superfície fez uma grande diferença no número de células, sem aumentar muito o volume total do cérebro (ROSE, 1984).

Por alguma razão, enquanto alguns impulsos visuais e auditivos eram ainda mediados por regiões do cérebro médio, os principais processamentos desses estímulos moveram-se para o córtex cerebral. Segundo Zigmond (1999), o tálamo se desenvolveu como um órgão coordenador, por período suficiente para que as regiões do talamoencéfalo dessem origem à glândula pineal, ao hipotálamo e à pituitária, todos os importantes controladores de hormônios e de importância vital no controle de humor, emoções e padrões complexos de comportamento. Contudo com o surgimento do neocórtex, específico dos mamíferos, eles tiveram sua importância e tamanho relativamente reduzidos.

Em termos funcionais, o neocórtex está relacionado com as análises mais sofisticadas de informação, o que nos anfíbios é feito apenas pelo tálamo. Com o aumento das contingências do meio ambiente, e, conforme as novas estratégias de ação foram evoluindo, fazia sentido, em termos econômicos, que estruturas cerebrais necessárias à manutenção dessas novas estratégias conservassem um elo funcional com suas precursoras. Segundo Kandel, Schwartz e Jessel (1997), apesar dos milênios de evolução e dos sistemas neurais poderem conferir alguma independência a cada módulo de raciocínio e tomada de decisão, eles estão todos interligados por circuitos bioquímicos e neurais recíprocos dirigidos um para o outro.

O corpo deixa, pois, de ser uma substância opaca e torna-se uma atividade inter-poli-computante (MORIN, 1990). Quando consideramos o aparelho neurocerebral de qualquer animal, damos conta de que este aparelho faz a *computação das computações*.

Aparelho neurocerebral

A parceria cérebro-corpo interage com o ambiente em conjunto, gerando respostas reativas e também respostas internas. Para Damásio (1998), conforme os organismos adquiriram a capacidade de exibir imagens

internamente e de ordenar essas imagens num processo chamado de pensamento, a ação humana se transformou em ação intencional, talvez a base para o que hoje chamamos de mente.

Refere Damásio (2000) que o conhecimento de um ímpeto para a vida dentro de uma fronteira se associa com a idéia de mente. A explicação biológica sobre a localização anatômica desse mecanismo contribui, segundo o autor, para explicarmos os estados da consciência: evolutivamente, a natureza providenciou um cérebro que conecta simultaneamente as estruturas necessárias ao gerenciamento de diversos aspectos da vida do organismo.

O cérebro é o órgão mais interior que nós temos e que não conhece o mundo diretamente: os estímulos que chegam aos seus terminais sensoriais são traduzidos em código e esta tradução é recebida pelo cérebro que computa as mensagens e as transforma em imagens perceptivas (MORIN, 1990). Quer dizer que nosso conhecimento está ligado, originariamente, à nossa relação ativa com o mundo exterior, ou seja, o vínculo fundamental do conhecimento cerebral é o da ação.

Esse sistema integrado, estaria localizado em diversas áreas do tronco cerebral, do hipotálamo, e do prosencéfalo basal. Para Damásio (2000), toda a gama de sinais corporais, indicadores do estado atual do organismo se completa depois que os sinais vindos da cabeça, através do trigêmeo, entram no tronco. Quando os sinais do trigêmeo se tornam disponíveis, o cérebro pede sinais químicos captados pelo hipotálamo e pelos órgãos subcorticais. O estado de consciência estaria relacionado intimamente à organização de todos esses sinais corporais no sistema nervoso central, que foram se adaptando às exigências sociais ocorridas ao longo de 6 milhões de anos. Uma vez que esse sistema integrado e especializado se reflete nas convenções sociais que são transmitidas de geração para geração, consideramos que o conhecimento melhorado das experiências do passado e das expectativas quanto ao futuro também está na origem da criação de estratégias individuais que fazem face aos obstáculos. A sofisticação da mente consciente está implicada, portanto, com a herança sócio-cultural.

Sensibilidade às contingências ambientais

Quanto mais se intensifica o comprometimento com a cultura, mais se cria um contexto especial de seleção, de onde a evolução do cérebro pode ser ilustrativa (BUSSAB; RIBEIRO, 1998). A transição evolutiva da cognição em termos qualitativos indica que as explicações biológicas são subordinadas hierarquicamente às explicações sociológicas, o que nos con-

duz a uma visão de homem sofrendo uma contínua evolução cultural. Assim, o estudo do surgimento da mente requer a adoção da perspectiva biológica do organismo sempre articulada com o cérebro e corpo integrados, interagindo com um meio ambiente físico e cultural.

Nesse sentido é que Vygotsky (1984) entendia a história do desenvolvimento humano como a interação entre sistemas psicológicos e modelos de ação cultural-artificial, que têm se desenvolvido historicamente. Daí surgiu a noção de que os processos psicológicos humanos são co-construídos, ou seja, a cultura e o comportamento mediado surgiram como um processo único de hominização. Nesse espírito, propondo que o funcionamento mental e o contexto sociocultural sejam entendidos como momentos dialeticamente interativos, o comportamento humano surge como unidade de análise, organizado por múltiplas influências analiticamente distintas, mas integradas.

Desde os estágios iniciais da evolução, os sistemas nervosos, ao processar as informações sensoriais, possibilitavam discriminação e categorização, com o auxílio de mecanismos rudimentares da memorização. Uma das capacidades que todos os mamíferos parecem ter desenvolvido junto com seus córtices é a do aprendizado. Entretanto, o homem extrapolou. Segundo Bussab e Ribeiro (1998), a percepção integrada, a habilidade de interiorizar representações do mundo, a atividade de produção de bens e o modo de vida social do *Homo sapiens* fez com que a espécie humana se destacasse quanto à complexidade da cognição.

Esse contexto permitiu a linguagem, e, com ela, a experiência do tempo e, conseqüentemente, a realização de previsões futuras e a construção dos modelos do “eu” e do “não-eu”, além da habilidade de comunicar informações pela fala, depois à distância, por meio da escrita, entre os da mesma espécie ou de geração para geração, promovendo acúmulo de conhecimento. Para Rogoff (1994), esses fatores, produzidos através da evolução, funcionam como águas divisórias entre o ser humano e outros animais e tornaram possível o salto qualitativo da história humana. Ora, há um imprinting social que desde a primeira infância se forma no seio da família, depois na escola, e mais ainda: o imprinting existe e fabrica-se nas nossas universidades. Mas, refere Morin (1990), o interessante é que há também inovações, evoluções e revoluções do conhecimento. Por isso, é necessário ver não só o tecido social determinista mas também as falhas, as zonas de turbulência, os lugares de onde brota o novo.

As formas culturais da consciência, a intersubjetividade e a arquitetura implícita da regulação intencional do comportamento são partes fundamentais no estudo da evolução do cérebro e marcam uma distância entre a conduta do animal e do homem, o que nos levanta um desafio: a

ação biológica humana seria transformada em uma conduta intencional ativa, em uma ação situada em um contexto cultural, em uma ação simbólica (GARCIA-ROZA, 1991). E qual é a especificidade da atividade cognitiva humana? Segundo Morin (1990), a mente é uma atividade emergente que retroage sobre o funcionamento das células cerebrais, ainda que seja de natureza diferente do nível de que emerge. É o nível em que se passa de uma linguagem químico-elétrica para outra linguagem, a das representações. E depois, no homem em sociedade emerge uma nova linguagem, a das palavras e das idéias.

A perspectiva sócio-cultural não só atesta a construção cultural dos processos psicológicos cognitivos, através da apropriação de certos operadores culturais (VYGOTSKY, 1984), mas entende as atividades sociais como garantia das intenções que se materializam em conduta eficaz. Nosso problema está em saber em que medida ou de que maneira as disposições culturais para mediar e representar as ações e intenções mudam os processos auto-organizativos mentais que regulam a ação, assunto sobre o qual não nos aprofundaremos, mas que merece uma investigação mais ampla.

Para nós, interessa saber que é metodologicamente impossível separar os efeitos dos genes dos fatores ambientais (CARVALHO, 1998). O fato de ser o homem sensível à contingências ambientais - especialmente às contingências históricas e culturais - não implica em negação da história evolucionária; ao contrário, essas contingências e as formas de susceptibilidade humana a elas também podem ser pensadas como produto e instrumento do processo de evolução que produziu a especificidade do *Homo sapiens*. A medida que os humanos possam ser compreendidos em termos de sua história, e que essa história seja a de suas sociedades, novos modos de explicação tornar-se-ão necessários.

A importância da evolução social e do contínuo desenvolvimento da espécie humana, desde seu primitivo estágio de *macaco peludo* torna-se um fator significativo no estudo da mente consciente, pois a perspectiva do organismo está relacionada com um corpo e cérebro integrados que interagem com um ambiente físico e cultural.

Provavelmente, tal processo de hominização envolve a hierarquização de um sistema biológico complexo, condição fundamental para a manutenção do estado longe do equilíbrio termodinâmico, o que possibilita o aumento de complexidade (SOUZA; MANZATTO, 2000). Pode-se considerá-lo contínuo porque envolve mudança eterna, porém, também é descontínuo, pois passa através de uma série de diferentes níveis de organização (NOVIKOFF, 1945).

Complexidade da cognição

Mesmo organismos relativamente simples como minhocas e insetos são aptos a aprender e armazenar informações em seus sistemas nervosos. Dizer que a bactéria é um ser computante quer dizer que ela é um ser vivo. Em outras palavras, a dimensão cognitiva faz parte da dimensão organizacional da vida, está ligada à auto-organização (MORIN, 1990). Contudo, as diferentes estratégias de agrupamentos de neurônios e as variações de volume desses agrupamentos permitiram à espécie humana o aprimoramento das estratégias de coleta e processamento das informações sobre o ambiente (PIQUEIRA; MONTEIRO; DELNERO, 1998).

Nos mamíferos superiores houve a expansão da área de neocórtex entre as regiões motora e sensorial – são as chamadas áreas de associação, que, nitidamente agem com base em informações que já passaram por um processamento bastante sofisticado (ZIGMOND, 1999). As áreas de associação se espalham para além das regiões secundárias, consideradas integradoras, combinando informações de diferentes modalidades sensoriais, talvez de uma forma comparativa, fazendo relações com eventos passados.

São essas áreas de associação que nos possibilitam falar em evolução da cognição, sem, inicialmente levar em conta a sua relação com a consciência (PIQUEIRA; MONTEIRO; DELNERO, 1998). Essa última habilidade, desenvolvida durante a evolução de répteis e mamíferos parece se relacionar à integração e formação de padrões de atividade neuronal em diversas regiões da área cortical (CRICK; KOCH, 1995).

O cérebro funciona como uma unidade hipercomplexa. A menor representação põe em conexão múltiplas camadas cerebrais. Além disso, ele é bi-hemisférico e triúnico, ou seja, contém em si o cérebro reptiliano, mamífero e o neocórtex humano. Não há predomínio de uma só instância, pelo contrário, há antagonismo. Por este “desequilíbrio” surge a imaginação (MORIN, 1990).

Quando nasce o bebê, as áreas do tronco cerebral, hipotálamo, córtices sômato-sensitivos e córtex do cíngulo são ativas. O conjunto dessas estruturas localizadas no âmago do cérebro, e mais antigas evolutivamente, correspondem integralmente àquelas necessárias ao que Damásio (2000) chama de mapeamento dos sinais corporais, trabalho que matem uma relativa estabilidade dos estados do corpo, condição fundamental para a sobrevivência. Como o organismo não pára de se mexer, está o tempo todo em mudança (DEJOURS, 1988), para o bem-estar físico, é preciso a liberdade de regular as variações que aparecem no estado do organismo.

Para Damásio, essa regulação é biológica e ocorre no decorrer do desenvolvimento a partir das regiões mapeadoras, que vão recebendo sinais continuados de todas as partes do corpo e fornecem um retrato constantemente atualizado do estado do organismo. A construção de representações internas, a reação à elas e a produção de imagens simultâneas do organismo no ato de perceber e responder a um objeto, constituem a subjetividade, processo que desemboca na emergência da mente consciente.

Quando falamos em mente consciente estamos entrando em um terreno altamente polêmico. Alguns pesquisadores acham que ela é prerrogativa do humano, outros não. O microbiologista Insinna (1998) descreve um organismo eucarionte, *Euglena gracilis*, cujo exame de seu mecanismo de fotodetecção direcional e da capacidade de rapidez na resposta comportamental, sugere que aspectos rudimentares da consciência, descritos por dinâmicas não-lineares clássicas, existem em bactérias simples, onde falta o citoesqueleto sofisticado das células eucariontes. Mas não podemos supor, entretanto, que toda cognição animal é consciente no sentido humano, refere Ades (1997), porque o conceito de consciência só se imporá aos animais se houvesse critérios claros para distinguir uma cognição consciente de uma cognição sem consciência – e não há!. Ainda não conseguimos sequer saber em que diferem exatamente a cognição animal e humana.

O fato é que no organismo complexo, a ordem das ações possíveis se pluraliza, e, então, para cada estímulo, temos várias reações correspondentes. Supostamente, nesse processo há avaliação de possibilidades, cuja complexidade decisória insere porções de mente já nos animais não-humanos. Se há uma espécie de processamento de informações no animal, é possível dizer que ele categoriza, discrimina, se lembra, combina, calcula, antecipa e comunica; podemos ainda explicar seu comportamento considerando essas operações.

Há 20 anos, qualquer um que achasse que os animais eram capazes de pensar ou de ter motivações complicadas estava cometendo o pecado hediondo do antropomorfismo - atribuir características humanas a animais não humanos (FOUTS, 1998). A prova de DNA veio confirmar o que Darwin sustentou há um século atrás: que os humanos e os chimpanzés são parentes, possuem modos de se comportar, pensar e sentir que são semelhantes. Nessa perspectiva, a diferença entre animais e humanos residiria não no tipo das capacidades, como afirma Beer (1995), mas no nível das capacidades.

Assim, macacos e homens poderiam até compartilhar um mundo comum no que se refere à linguagem, mas os humanos surgem como os que tem maior proporção cérebro-corpo, ou seja, possuem maior proporção numérica de neurônios corticais/peso do corpo (ROSE, 1984). Embora

a consciência possa ser uma característica emergente em muitas formas de vida, o *homo sapiens* dispõe das seguintes vantagens distintas sobre seus parentes evolucionários mais próximos:

- ✓ Uma estrutura da mão que facilita a operação e manipulação de instrumentos.
- ✓ Cordas vocais que permitem clara articulação dos sons.
- ✓ Capacidade de viver em grupos sociais, que possibilitou a exploração de outras vantagens evolucionárias, as quais inicialmente eram apenas marginais.
- ✓ Alto grau de complexidade e organização cerebral, desenvolvendo funções descritivas e argumentativas em suas linguagens sem igual (EDELMAN, 1992; POPPER, 1990).
- ✓ Um mecanismo cognitivo qualitativamente diferente dos demais mamíferos, onde o sentido de “eu” ocupa posição central no que se refere à determinação da significância consciente de comportamentos e planejamentos posteriores.
- ✓ A percepção e representação da emoção que se origina nos estados do corpo e que conferem estratégias adaptativas para o ser humano não possuem nível de comparação no reino animal (DAMÁSIO; DAMÁSIO, 1996). As emoções, através do corpo, também afetam o modo de operação de inúmeros circuitos cerebrais - basta que sejam conhecidas sob a forma de sentimento. Para certos tipos de estímulos claramente valiosos ou perigosos, no meio interno ou externo, a evolução reservou uma reação condizente na forma de emoção. Se a consciência torna possível, através do sentimento, que qualquer objeto seja conhecido, ela aumenta a capacidade do organismo reagir de uma maneira adaptativa.

O fato de concebermos pessoas operando e interagindo com seus ambientes, mudando e sendo mudadas pelo contexto e pelas consequências de seus atos indica que os estudiosos da mente devem se ocupar com níveis mais complexos e maiores de organização da matéria viva. Certamente os sistemas biológicos são os mais complexos. Dentre eles, pelas características que têm sido discutidas, nota-se que o cérebro humano é o de maior complexidade entre eles, pois não se restringe apenas à dimensão biológica.

Segundo Donahoe e Palmer (1994), que defendem a perspectiva da epistemologia evolucionista, ciclos repetidos de um processo que comporta três passos - variação, seleção e retenção - são suficientes para produzir uma complexidade organizada no mundo biológico. Ou seja, co-

meçamos de unidades comportamentais simples que, acumuladas num encadeamento, formam o comportamento complexo. Mas, ao nosso ver, esse encadeamento denota um comportamento complicado, e não um sistema complexo.

Quando dizemos que o cérebro constitui um sistema complexo, queremos enfatizar a diversidade de comportamentos e a qualidade de ser surpreendente, isto é, a capacidade que o corpo humano apresenta de dar lugar a uma estrutura emergente de caráter inesperado – a mente e o processo de significação, em que qualquer nível que esteja acima não pode ser considerado como a simples superposição dos elementos pertencentes ao nível abaixo. A complexidade do cérebro não se limita, portanto à intrincada caracterização do sistema. Nesse caso, teríamos apenas um sistema complicado.

Estratégias evolucionárias específicas resultaram no fenômeno de migração dinâmica, em que a interconectividade dos neurônios é mais significativa à cognição do que um único neurônio ou do que um grupo de neurônios isolados (PIQUEIRA; MONTEIRO; DELNERO, 1998). Além disso, um estímulo é codificado na memória não somente pelas suas qualidades sensoriais, mas também pelo nível de estimulação que ela engendra. Mecanismos cortico-límbicos de motivação determinam o processo mnemônico de estocagem, mas, o sistema de memória é, principalmente organizado em torno de vetores de valor afetivo (GRANDPRE; TUCKER, 1996). A qualidade de um afeto, tendo suas raízes no inconsciente, apresenta tal complexidade que não pode ser capturada por uma simples dimensão de valor, exclusivamente determinada no domínio cognitivo. Veremos então como há uma compútica (MORIN, 1990) do espírito humano à qual não se deve reduzir à cogística, e que é necessária para compreender essa cogística.

Segundo Grandpre e Tucker (1996), os elementos mentais são energizados por um processo excitatório intenso- a catexia, que, além de etiquetar cada representação com a emoção, atua como um agente independente na memória, que serve para determinar e ativar caminhos posteriores. Tal investimento de energia que liga elementos mentais dispersos intensifica a relação do estímulo com um valor positivo ou negativo e, assim, regula a direção atencional e a memória de trabalho, tornando-as mais capazes de ativar determinados sistemas, potencializando a habilidade do sistema motivacional sinalizar a significância do estímulo no futuro.

Segundo Grandpre e Tucker (1996), a catexia pode se manifestar como a gênese de uma construção emocional individualizada de representações porque atua no exercício da plasticidade neural. Esse conceito ainda hoje continua sendo discutível, pois a plasticidade nos remete a uma espécie de auto-organização energética em nível sináptico, que, por

sua vez, aponta para a maneira como as leis que administram o trânsito de energia num determinado sistema são estruturadas.

Contudo, extensivas evidências indicam que o cérebro não é uma série imutável de circuitos invariantes mas, sim, um fluxo do ponto-de-vista estrutural e funcional (KANDEL, SCHWARTZ; JESSEL, 1997). Para Black et al. (1990), as sinapses emergem de uma entidade dinâmica inesperada que se transforma a todo momento. Segundo o autor, a essência da vida envolve o fato de que níveis mais altos do sistema cerebral transformam continuamente os níveis mais baixos, nos quais os mais altos estão baseados. Esse fenômeno não admite centro, mas gira em torno de uma evolução organizada recursivamente, imprevisível e espontânea, própria dos sistemas dinâmicos não-lineares.

O ser humano computa por si, para si, em função de si. Esse é um aspecto epistemológico importante: o nosso cérebro tem um caráter ao mesmo tempo fundamentalmente aberto e fundamentalmente fechado (MORIN, 1990).

A primeira exigência de um sistema aberto e longe do equilíbrio é satisfeita pelo cérebro como matéria viva. Em pesquisa realizada por Lima (2000), as medidas das dinâmicas iônicas mostram as ondas de excitação no cérebro como uma tempestade eletroquímica, com maciça troca de íons entre o intra e o extracelular. Examinando a dinâmica do íon potássio no espaço extracelular quando uma frente de onda atinge um certo ponto, temos que o rápido acúmulo de potássio gera um gradiente eletroquímico que é dissipado, criando uma corrente elétrica através da membrana, de onde emerge um campo que prende as moléculas carregadas sob sua influência num padrão espaço/tempo de baixa dimensão (estrutura dissipativa), transformando-se em um fator controlador do próprio sistema. A dinâmica da onda de concentração de potássio no espaço extracelular concomitante com as ondas de excitação é uma variável macroscópica que resulta das interações dos mecanismos de membranas existentes no neurônio e na glia; o campo elétrico é uma propriedade emergente dessas interações, que se torna um fator importante na propagação do fenômeno. Essa causalidade circular é típica da auto-organização das estruturas dissipativas.

Auto-organização e experiência

Desde que o cérebro complexo passa a ocupar lugar central na explicação da ação humana, a teoria psicanalítica entra em campo para afirmá-lo como um sistema energético de onde a mente emerge desde as primeiras horas de vida. No entender psicanalítico, a complexidade cerebral restringe-se ao humano não em nível consciente da sofisticação cognitiva,

mas em nível do inconsciente pulsional – o id, onde se transcendem as necessidades e se inscreve a falta e os desejos.

Para Freud, a energia psíquica sexual produzida a partir do pólo pulsional do inconsciente é exclusivamente humana e constitui o motor da psique, através do qual o corpo torna-se capaz de agir sobre si próprio, auto-organizando-se, e sobre o meio, imprimindo marcas de sua ação.

A pulsão não pode ser objeto do inconsciente ou do consciente. Ela funciona como um estímulo para o psíquico e não estímulo psíquico. Algo portanto que do exterior faz uma exigência de trabalho ao aparato (GARCIA-ROZA, 1994). Enquanto conceito fronteiro, a pulsão articula o somático e o psíquico.

A noção psicanalítica que afirma a existência de um a priori mental, *determinador e não determinado* pelo meio se opõe veementemente às concepções do funcionamento da mente como um processador de informações super-sofisticado. Essa perspectiva teórica que reparte a mente humana entre a parte que representa o conhecido e a que representa o conhecedor influencia a compreensão dos processos humanos, pois, como não existe um espectador externo, todo conhecimento implica auto-conhecimento ou auto-organização.

O cérebro é um conceito biológico que designa um órgão. A mente é um conceito psíquico que designa um conjunto de atividades que incluem idéias, linguagem e até consciência. A isto é preciso acrescentar o conceito de aparelho neurocerebral, que é um conceito organizacional. Temos assim uma realidade que comporta uma face organizacional, uma face do órgão biológico e uma face psíquica. Não há interesse em reduzi-los um ao outro; interessa articulá-los. Como Flanagan (1992) advogou, nós temos fé que o entendimento sobre a experiência subjetiva seja o resultado da convergência de evidências fenomenológicas, cognitiva experimental, neuropsicológica e clínica.

De alguma forma, o *output* é transformado em experiência. . Esses impulsos produzidos são de natureza independente do parâmetro físico a que o órgão é sensível (CHANGEUX, 1983 apud INSINNA, 1998). Se, como diz o autor, a atividade evocada por uma estimulação periférica, constitui, na verdade, apenas uma pequena fração da atividade total observada na ausência de estimulação sensorial evidente, interessa saber como esses processos subjetivos podem ser abordados sem que se perca a riqueza fenomenológica da experiência (JOHSON; REEDER, 1997).

Freud, desde o *Projeto para uma Psicologia Científica*, contribui para esclarecer qual a natureza da relação entre mente e corpo ao assentar a Psicanálise sobre a certeza de que o psiquismo nasce do corpo e

o inclui, possuindo, entretanto, características qualitativas que o diferenciam da dimensão somática, fazendo com que seja possível transcendê-la. A Psicanálise instaura o primado de um sujeito habitado pela consciência de seu próprio inconsciente, e que, portanto, não pode se restringir ao ser biológico nem a uma máquina desprovida de pensamento e afeto.

Com isso, a Psicanálise vem propor que o ser, e não mais o sujeito consciente, seja considerado o objeto de estudo daqueles que se interessam pela mente. O foco de pesquisa se desloca da bioquímica e se concentra no problema da complexidade. No sistema mental, as leis da física deixam aos elementos individuais muitos graus de liberdade. Essa indeterminação de base vai ser reduzida pelas pressões exercidas pelo todo, que resultam elas próprias da composição das atividades elementares. É essa co-determinação entre o todo e os elementos que explica a complexidade dos seres vivos (MATURANA; VARELLA, 1995).

É preciso ver o córtex cerebral como uma imensa rede de circuitos reverberantes constantemente em atividade. O *output* é o resultado da interação entre um acontecimento perturbador e uma forma global que integra todo um sistema de neurônios que interagem de maneira espontânea. Espontânea não quer dizer que o sistema não é determinista, mas sim que as conexões foram obtidas ao acaso. E aqui a Psicanálise surge novamente com a noção de inconsciente: as conexões mentais não são destinadas *a priori* a realizar um projeto coletivo, é a totalidade que elas produzirão efetivamente nestas ou naquelas circunstâncias que, *a posteriori*, lhes dará sentido.

Somos produtos de nossa experiência com a natureza, e não construções intelectuais. Talvez o acaso e o sentido sejam duas faces de uma mesma moeda, e a organização, um misto de redundância e variedade, de regularidades e de anomalias. Por isso, não podemos ser reduzidos a um sujeito dotado de consciência e de vontade. O saber que ele mobiliza está irredutivelmente distribuído pelo conjunto de seus elementos constitutivos e não poderia ser sintetizado num lugar que fosse o saber absoluto do sistema sobre si mesmo (DUPUY, 1996).

No caso da mente, podemos pensar em um mecanismo paradoxal: a de uma exteriorização de si em relação a si mesmo. É um processo sem sujeito. A Psicanálise trabalha com essa concepção: os atributos da subjetividade não são os atributos de um sujeito, são efeitos emergentes produzidos pelo funcionamento de processos que ultrapassam o conceito de sujeito consciente.

O funcionamento da atividade mental depende inteiramente da atividade psíquica, na medida que esta última representa o resultado de

um trabalho elaborativo que, iniciando na fonte de pulsão, continua até outra parte da atividade psíquica, que se refere mais especificamente ao pensamento. Dessa forma, podemos ver o desenvolvimento da consciência irremediavelmente ligado às vivências emocionais, entre as origens afetivas do desejo de pensar e conhecer o objeto que se presta a ser pensado e conhecido.

O conceito freudiano de pulsão enfatiza, justamente, que o ser é dotado de uma espontaneidade própria, ele é para si mesmo a fonte de suas determinações. Por isso, não nos interessa apenas suas capacidades computacionais, mas, sim, seus comportamentos próprios.

Considerar a experiência : aquilo que afeta o sujeito mas que ele não pode expressar, capacita as Neurociências a lidar com uma mente marcada pela irracionalidade, isto é, criada a partir de cargas afetivas que constituem a abertura para o novo, o que nos coloca diante do problema da singularidade – a pedra no sapato de qualquer cientista da mente. Se a perspectiva individual se origina no inconsciente, a porta de entrada de todos os processos mentais, ocorre que a singularidade se inicia antes da consciência. Quer dizer, a singularidade não é um acúmulo de experiências individuais aprendidas, mas é o filtro, são as qualidades sensíveis que caracterizam as nossas experiências.

O sem-sentido inicial das rupturas que dão origem ao psiquismo humano, que se abre e cria significados, e o processo que organiza essa transição em estágios de complexidade cada vez maiores são abordados pela Psicanálise e constituem assuntos que não podem mais ser ignorados por aqueles que desejam saber como o cérebro adquire propriedades anímicas. Considerando que somos um sistema que se forma conforme cada configuração se passa na outra – registros inconscientes tornando-se conscientes, como uma síntese de transição, há morte presente constantemente. São os acordos que vão se sucedendo entre os limites funcionais da rede neural, e suas conseqüências, que constituem um cenário, sem sentido *a priori*, que produz instabilidade inicial, os processos criativos, e, assim, também as reorganizações que geram alteração rica do ponto de vista do código mental. Isso virá a contribuir para nossa experiência do mundo e para a maneira como o representamos através das imagens.

Perspectivas teóricas

Pressupondo uma mente para todos os indivíduos, é possível definir um repertório único de processos mentais. Mas se há a preocupação de se capturar o que é comum, e o que é diferente, quais são os padrões de sistemas reguladores, as arquiteturas distintas de mente, representação e

gerenciamento de ação, deve-se criar perspectivas teóricas e metodológicas que contemplem a seleção de esboços para o roteiro de nossa vida acontecendo sob a forma de uma dinâmica afetiva. Podemos desvendá-la com a ajuda do conhecimento psicanalítico sobre as pulsões e com a teoria da auto-organização que revela a complexidade das relações que instituem o mental.

A neurociência cognitiva ainda não se voltou diretamente para esse papel organizador do sentido da experiência e para a conseqüente personalização das operações psíquicas que fundamentam a constituição de um padrão interno. Talvez por isso, não caracterizamos o que acontece entre a formação de um padrão a partir da percepção e a experiência da representação da percepção - a imagem integrada. Com a colaboração psicanalítica do sentido pessoal ancorado na lógica do desejo podemos ver uma luz no fim do túnel.

A Psicanálise propõe que tomemos o sensível do corpo como o novo locus conceitual, o que faz da pulsão um conceito imprescindível (BEIVIDAS, 1996). O jogo pulsional de auto-organização constitui uma forma de articular cérebro e mente: ao invés de tratá-los como dois níveis descritivos, reconhece no neural um tipo de processo psíquico - a rede sináptica catexizada. Nessa perspectiva, as funções cognitivas - memória, atenção, raciocínio e linguagem, devem ser contempladas em função da singularidade, pois, possuir consciência influencia o processamento de tudo que vem a ser conhecido.

Sermos animados por um *a mais de tensão* difere o humano do não-humano de uma perspectiva psicanalítica - situação que cria um dinamismo no qual emerge a realidade psíquica. Com a instauração do psiquismo, o cérebro transforma-se em um sistema complexo, sensível às condições iniciais, cujas perturbações pequenas e arbitrárias são amplificadas na flutuação global. Essa dependência neurodinâmica sensível garante ao cérebro que permaneça otimamente responsivo ao meio e, ao mesmo tempo, a seu próprio estado interno. Nesse contexto emerge a capacidade de auto-organizar-se, gerando novos tipos de estrutura. A rede neural é o substrato da mente, e a dinâmica pulsional seu alicerce.

Nesse sentido, o "eu" não é uma série de atos psíquicos, nem um "eu" central que os reúne em uma unidade sintética, mas uma única experiência inseparável de si mesma, uma temporalidade que se explicita a partir de seu nascimento e o confirma em cada presente. Eu compreendo o mundo porque o mundo se expõe e adquire um sentido diante de mim, porque "eu" estou situado nele e porque ele me compreende. Assim, o tempo real não é outro senão a posição, que não é saber, mas a experiência (JURANVILLE, 1987). A mente não fabrica normas tanto quanto se compõe

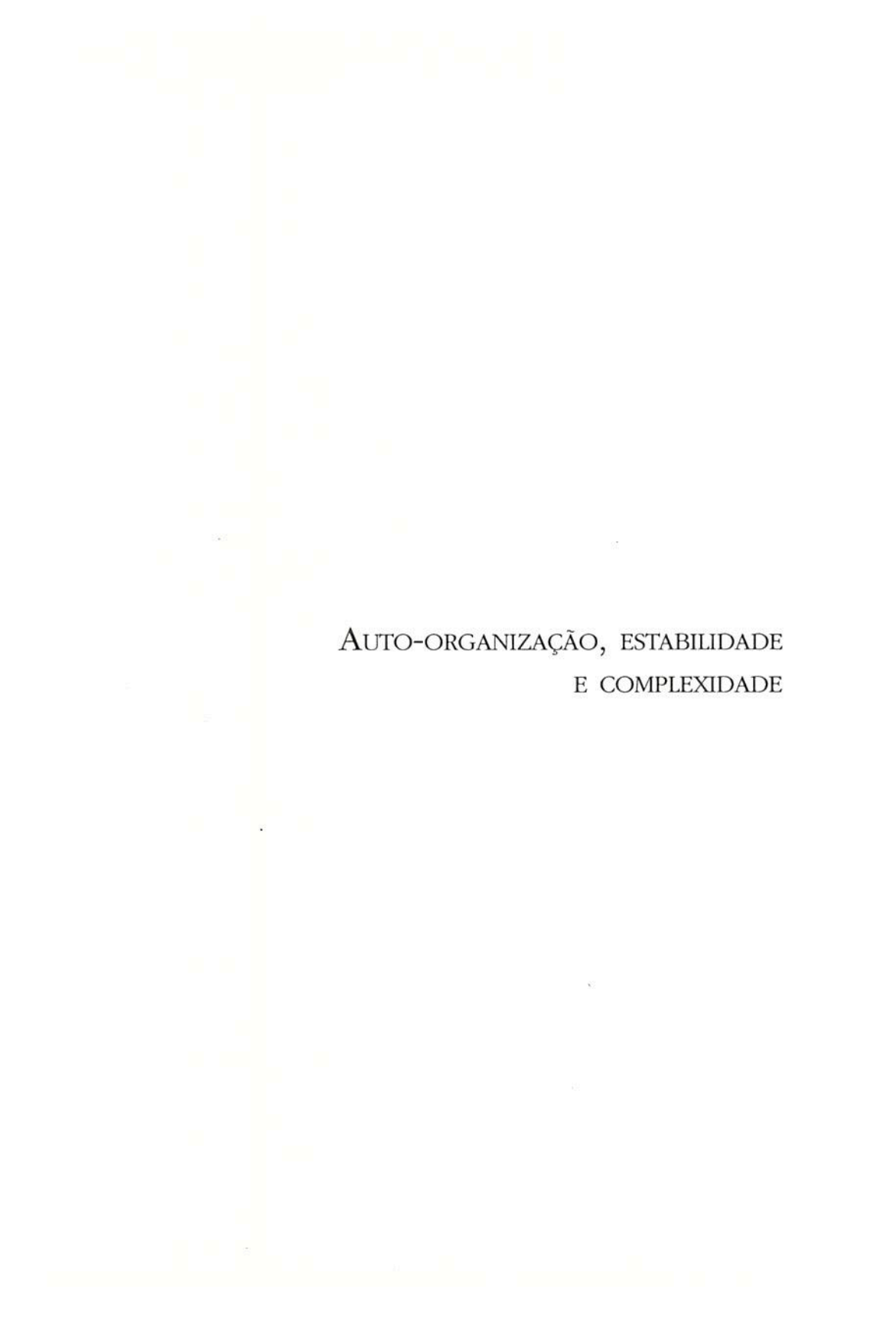
de regras para a ação. Temos a nosso serviço uma experiência tão rica, não porque possuímos essa experiência, mas sim porque, sem que o saibamos, ela se incorporou nos esquemas de pensamento que nos conduzem (HAYEK,1980, citado por DUPUY,1996).

Referências

- ADES, C. O morcego, outros bichos e a questão da consciência animal. *Psicologia USP*, v. 8, p.129-157, 1997.
- BASAR, E. Chaotic dynamics and resonance phenomena in brain function: progress, perspectives and thoughts. In: BASAR, E. (Org.). *Chaos in brain function*. Berlin: Springer-Verlag, 1990, p.1-30.
- BEER, R. A dynamical systems perspective on agent-environment interaction. *Artificial intelligence*, n. 72, p. 173-215, 1995.
- BEIVIDAS, W. Do sentido ao corpo: semiótica e metapsicologia. In: SILVA, I. A. (Org.). *Corpo e sentido: a escuta do sensível*. São Paulo: Editora da Unesp, 1996, p.119-134.
- BLACK, J.; et al. *Cognition, computing, and cooperation*. New Jersey: AblexPub, 1990.
- BUSSAB, V. S. R.; RIBEIRO, F. L. Biologicamente cultural. In: SOUZA, L.; FREITAS, M. F. Q.; RODRIGUES (Orgs.) *Psicologia: reflexões impertinentes*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998. p. 175-193.
- CARVALHO, A. M. A. Etologia e comportamento social. In: SOUZA, L.; FREITAS, M. F. Q.; RODRIGUES (Orgs.) *Psicologia: reflexões impertinentes*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998. p.195-224.
- CRICK, F.; KOCH, C. Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, n. 375, p. 121-123, 1995.
- DAMÁSIO, A. *O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- _____. *O mistério da consciência*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- DAMÁSIO, A.; DAMÁSIO, H. Making images and creating subjectivity. In: LLINÁS, R.; CHURCHLAND, P. (Org.) *The mind-brain continuum: sensory process*. Cambridge: MIT Press, 1996, p. 19-27.
- DEBRUN, M. A idéia de auto organização. In: ____.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Orgs.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais e humanas, e artes*. Campinas : Unicamp/Centro de Logica, Epistemologia e História da Ciência, 1996. p. 3-23
- DEJOURS, C. *O corpo entre a biologia e a psicanálise*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988.
- DENNET, D. C. Quining qualia. In: MARCEL, A.; BISIACH, E. (Orgs.) *Consciousness in contemporary science*. Oxford : Clarendon Press, 1992, p. 42-77.
- DELEUZE, G. *Lógica do sentido*. São Paulo: Perspectiva, 1974.

- DONAHOE, W.; PALMER, D. *Learning and complex behavior*. Boston: Allyn & Bacon, 1994.
- DUPUY, J. P. *Nas origens das ciências cognitivas*. São Paulo: Editora da Unesp, 1996.
- EDELMAN, G. *Bright air, brilliant fire: on the matter of the mind*. Nova York: Basic Books, 1992.
- ENGELMANN, A. Dois tipos de consciência: a busca da autenticidade. *Psicologia USP*, São Paulo, v. 8, 1997.
- FLANAGAN, O. *Counciousness reconsidered*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1992.
- FOUTS, R. *O parente mais próximo: o que os chimpanzés me ensinaram sobre quem somos*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.
- FREUD, S. Projeto para uma psicologia científica. In: Edição Standart brasileira das obras psicológicas completas de Sigmund Freud. Rio de Janeiro: Imago, (1895) 1969. v.1.
- GARCIA-ROZA, L. A. *Introdução à metapsicologia freudiana I*. Rio de Janeiro: Zahar, 1991.
- _____. *Acaso e repetição em psicanálise*. Rio de Janeiro: Zahar, 994
- GRANDPRE, D.; TUCKER, D. Emotion and self-organization of semantic memory. In: KING, J.; PRIBAM, K. (Orgs.). *Learning as self-organization*. New Jersey: Lawrence Earlbaum Associates, 1996. p. 423-437.
- INSINNA, E. Nonlinear dynamics in the photoreceptor of the unicelular alga *Euglena Gracilis*: an aplication to the evolutionary aspects of counsciousness. In: HAMEROFF, S.; KASZNIAK, A.; SCOTT, A. (Orgs.) *Toward science of a counsciousness, the second Tucson discussions and debates*. Cambridge, MA: MIT., 1998, p. 322-331.
- JOHNSON, M.; REEDER, J. Counciousness as meta-processing. In: COHEN, J. D.; SCHOOLER, J. (Orgs.) *Scientific approaches to consciosness*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Ealbaum, 1997, p. 261-293.
- JURANVILLE, A. *Lacan e a filosofia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1987.
- KANDEL, E.; SCHWARTZ, J.; JESSEL, T. *Fundamentos da neurociência e do comportamento*. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1997.
- LIMA, M. V. F. Estruturas dissipativas e auto-organização cerebral. In: D'OTTAVIANO, I.; GONZALEZ, M. (Orgs.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, Centro de Logica, Epistemologia e Historia da Ciência, p. 175-189, 2000.
- LUZZI, R.; VASCONCELOS, A. Informação e auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Orgs.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais e humanas, e artes*. Campinas: Unicamp/Centro de Logica, Epistemologia e Historia da Ciência, 1996, p. 191-237.
- MATURANA; VARELLA. *A árvore do conbecimento: as bases biológicas do entendimento humano*. Campinas: Editorial Psy II, 1995.
- MORIN, E. et al. *O problema epistemológico da complexidade*. Lisboa: Biblioteca Universitária, 1990.

- NOVIKOFF, A. The concept of interactive levels and biology. *Science*, v. 101, n. 2618, p. 209-215, 1945
- PIQUEIRA, J.; MONTEIRO, L.; DEL NERO, H. Considerações sobre cognição e evolução. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. (Orgs.) *Encontro com as ciências cognitivas*. Marília: Unesp-Marília-Publicações, 1998, p. 235-246. v.2.
- POPPER, K. R. *The self and its brain*. London: Routledge, 1990.
- RIO, P.; ALVAREZ, A. Lançando, meditando e raciocinando: as arquiteturas variáveis da mente e da ação. In: WERTSCH, DEL RIO; ALVAREZ (Orgs.). *Estudos sócio-culturais da mente*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994, p. 184-209.
- ROGOFF, B. Observando a atividade sócio-cultural em três planos: apropriação participatória, participação guiada e aprendizado. In: WERTSCH; DEL RIO; ALVAREZ (Orgs.) *Estudos sócio-culturais da mente*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994, p. 123-142.
- ROSE, S. *O cérebro consciente*. São Paulo: Alfa-Ômega, 1984.
- ROUDINESCO, E. *Por que a psicanálise?*. Rio de Janeiro: Zahar, 2000.
- SOUZA, G.; MANZATO, A. Hierarquia e auto-organização em sistemas biológicos. In: D'OTTAVIANO, I.; GONZALEZ, M. E. Q. (Orgs.). *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp/Centro de Logica, Epistemologia e História da Ciência, 2000, p. 153-173.
- VARELLA, F., THOMPSON, E., ROSH, E. *The emodied mind: cognitive science and human experience*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1993.
- VYGOTSKY, L. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.
- ZIGMOND, M. J. *Fundamental neuroscience*. San Diego: Academic Press, 1999.



AUTO-ORGANIZAÇÃO, ESTABILIDADE E COMPLEXIDADE

AUTO ORGANIZAÇÃO E NOÇÃO DE INDIVÍDUO: UM ENSAIO

Juliana SERZEDELLO¹

Introdução

Na história da ciência encontramos momentos de grande valorização de métodos, de análise de eventos, que caracterizam o todo como o *somatório de suas partes*. Nesses métodos, um *indivíduo*, para melhor ser compreendido, pode ser dissociado em partes isoladas que reunidas posteriormente darão a idéia do todo. Em perspectivas como estas o indivíduo e os fenômenos a que está sujeito podem ser explicados de forma, algumas vezes determinista, através de leis imutáveis. O processo de obtenção do conhecimento, nesses enfoques, tem uma conotação de certeza a ser atingida.

Um exemplo da utilização desse tipo de metodologia, que concebe o todo como a somatória de suas partes, encontra-se na tão discutida concepção cartesiana de indivíduo. Nela o indivíduo é tido como constituído da união de duas substâncias irreduzíveis: uma material (o corpo), que ocupa um lugar no espaço e está sujeita às leis da física e outra imaterial a (alma), que não ocupa lugar no espaço e não está sujeita às leis da física. Tal concepção admite que o estudo do indivíduo possa se dar dissociando suas partes constituintes para análise minuciosa de modo que a posterior reunião das partes analisadas nos leva ao conhecimento do todo.

A utilização deste tipo de metodologia, tanto na ciência como na filosofia, proporcionou uma definição de homem, enquanto ser racional, capaz de invocar uma forma de pensamento que adere às regras e leva às conclusões que podem ser julgadas como válidas ou inválidas. Vista desta forma a racionalidade de um indivíduo, por exemplo, pode ser avaliada tomando-se por base as aproximações ou distanciamentos da validade do pensamento por ele invocado.

Embora este tipo de concepção tenha sido muito útil naquilo que se refere ao conhecimento dos seres humanos e do seu funcionamento físico e mental admite-se atualmente, que esse tipo de busca evidencia problemas metodológicos significativos para a compreensão do indivíduo como um todo.

¹ Docente do CEULM/ULBRA - Centro Universitário Luterano de Manaus - Universidade Luterana do Brasil. Unesp - Campus de Rio Claro - E-mail: jugu@uol.com.br

Em nosso dia-a-dia estamos familiarizados com alguns estados mentais, como os desejos, medos, etc. que não podem ser necessariamente caracterizados dentro dos parâmetros lógico-formais.

Durante muito tempo, muitos acreditavam e talvez ainda acreditem que o erro das ciências humanas e sociais era o de não poder se livrar da complexidade aparente dos fenômenos humanos para se elevar a dignidade das ciências naturais, que faziam leis simples, princípios simples e conseguiam que nas suas concepções reinasse a ordem do determinismo[...] (MORIN, 1996, p.177).

Não se trata mais de se ver livre da complexidade mas, com os avanços da ciência, hoje já é possível estudá-la e compreender a sua dinâmica. Vários trabalhos empíricos, realizados nos últimos anos, desafiam a noção de racionalidade, fundada na lógica clássica tão arraigada em nossa cultura, e apontam caminhos menos comprometidos com certezas indubitáveis.

O indivíduo cognitivo cartesiano, concebido como uma “máquina lógica”, capaz de aplicar métodos de raciocínio fixo vem sendo questionado nos últimos tempos. Verificações experimentais, que registram a existência de uma relação entre grau de facilidade para execução de tarefas e familiaridade com o material envolvido nas mesmas, dão lugar a conclusões que derrubam pilares até então sagrados no que se refere à noção de indivíduo. Segundo Gardner (1985), Johnson-Laird, cientista cognitivista, vem demonstrando experimentalmente que nem sempre empregamos a lógica formal na solução de problemas. Gilbert Ryle (1949) ao criticar a concepção racionalista, também defende a existência de outras formas de raciocínio que não se ajustam à lógica tradicional.

Atualmente, muitos cientistas envolvidos no estudo do indivíduo e do mental aventam a possibilidade de raciocínio sem a utilização da lógica formal e insistem na revisão conceptual a respeito do indivíduo.

Compartilhando a idéia de que o todo não é, necessariamente, a somatória de partes isoladas, cientistas como Prigogine (1962), Bateson (1972), Atlan (1979), Maturana e Varela (1988), Morin (1994), Debrun (1996), entre outros, entendem que o todo é uma *gestalt de elementos complexos*, que dão forma a sistemas ainda mais complexos, com características emergentes próprias. Nesse sentido, um *indivíduo*, mais do que constituído de partes, que se comunicam formando um todo passível de separação, é um todo, indissociável, formado de elementos distintos, cuja união dá origem a um sistema dinamicamente complexo. Assim, o indivíduo é muito mais o resultado da inter-relação interdependente, dinâmica, dos sistemas (cardiovascular, circulatório, respiratório, etc.) que o compõem, do que uma reunião de sistemas que podem ser dissociados.

De acordo com as vertentes que entendem o indivíduo, dessa forma, como um sistema dinâmico, só é possível chegar ao seu conhecimento considerando fatores relacionados a sua multidimensionalidade e complexidade. Mas, como?

A complexidade e o lugar do indivíduo

O estudo específico da complexidade surgiu em áreas como a Cibernética, e nas correntes científicas que se dedicam às Teorias de Sistemas. Discorrendo sobre complexidade Morin (1996) ressalta que não se pode chegar a ela por uma definição prévia. Nela estão envolvidos fatores como:

- a) A irredutibilidade do acaso e da desordem que “[...] estão presentes no universo e ativos em sua evolução [...]” (MORIN, 1996, p.178), não podendo sequer serem definidos como tal, devido a impossibilidade de confirmação da natureza de sua incompreensibilidade. Muitas vezes, diante de um acontecimento, não podemos afirmar com certeza ser ele um produto do acaso, da desordem, ou apenas da ausência de conhecimento sobre a ordem que está regendo tal acontecimento.
- b) A complicação “[...] O problema da complicação surgiu a partir do momento em que percebemos que os fenômenos biológicos e sociais apresentam um número incalculável de interações, de inter-retroações, uma fabulosa mistura que não poderia ser calculada nem pelo mais potente dos computadores [...]” (MORIN, 1996, p.179). No passado, a única forma de se estudar as interações que mantêm um organismo vivo era fazendo com que tais interações cessassem ou fossem congeladas, o que por outro lado desqualificava aquele organismo enquanto ser vivente. Atualmente, novas tecnologias e vertentes científicas se preocupam em estudar processos em andamento.
- c) A complementaridade que se estabelece entre as noções de ordem, desordem e organização. A ordem relaciona-se com a desordem de forma complementar e nessa relação complexa também encontra-se a organização que subentende “[...] aquilo que constitui um sistema a partir dos elementos diferentes, sendo ao mesmo tempo uma unidade e uma multiplicidade [...]” (MORIN, 1996, p.180). Tal organização pode provocar coações que inibem ou reforçam as potencialidades de seus elementos.

Fatores como a irredutibilidade do acaso e da desordem, complicação e complementaridade, bastante evidentes em sistemas coletivos,

não só interferem no indivíduo como estão presentes em sua estruturação e funcionamento. Em muitos sistemas coletivos as partes perdem seu caráter individual, sofrendo ações de inibição, repressão e dando lugar a elevação e expressão de um terceiro elemento que emerge do grupo. Tal elemento possui características bastante diferentes daquelas existentes nos elementos individualizados que compõem o grupo e muitas vezes provoca em cada elemento a emergência de potencialidades desconhecidas no seu estado de unidade.

Segundo Morin, as organizações biológicas e sociais possuem uma complexidade própria que é ao mesmo tempo: *acêntrica*, funcionando de modo anárquico por interação espontânea; *policêntrica*, por terem muitos centros de controle ou organização e *cêntricas* por disporem ao mesmo tempo de um centro de decisão. Essa analogia se mantém no caso das sociedades contemporâneas que, de modo geral, se auto-organizam não somente a partir do estado ou governo (centro de decisão), de autoridades municipais, partidos políticos (centros de organização), mas também a partir da interação espontânea entre os indivíduos que as compõem.

Para este autor, se considerarmos o indivíduo que participa das sociedades, talvez possamos dizer que somos organizados de forma hologramática, ou seja, em nosso organismo “[...] cada uma de nossas células até mesmo a mais modesta célula da epiderme contém a informação genética do ser global [...]” (MORIN, 1996, p.181). Assim, “[...] podemos dizer que não só a parte está no todo, mas também o todo está nas partes [...]” (MORIN, 1996). Porém, a informação genética do todo não implica no conhecimento das reações do todo diante dos eventos da vida, pois as reações, as transformações de caráter individual acontecem por meio das interações com os fatores emergentes. Mais do que um acumulador de respostas prontas aos estímulos, um indivíduo é um sistema mutante que constitui-se a partir daquilo que produz, sendo agente e paciente de sua própria ação.

Na mesma linha de pensamento de Morin, Bateson (1979, p.100-101) desenvolve uma hipótese no plano de análise do mental, ressaltando que a mente é um agregado de componentes que interagem entre si. Para ele, um processo mental é uma seqüência de interações entre partes. Sendo assim, as explicações dos fenômenos mentais devem se basear na organização e na interação de partes múltiplas. A teoria proposta por este autor sobre a natureza da mente é assumida como holista, apoiada na diferenciação e interação das partes do organismo. Tal interação, entre as partes da mente entendida por Bateson como um fenômeno não substancial - que não está localizado no espaço - se dá por *diferença*. Segundo este autor, no mundo das coisas materiais podemos entender as causas de alguns dos

eventos como força ou impacto de um sistema material sobre outro sistema material. A perna quebrada de um indivíduo, por exemplo, encontra no impacto do membro com o solo uma explicação causal linear. Neste exemplo podemos supor uma certa linearidade causal, um a um, entre eventos.

Já no mundo dos estados mentais, segundo este autor, é necessária uma relação entre pelo menos duas partes para ativar um terceiro componente chamado receptor. O receptor reage a uma diferença ou mudança. Para ele, nosso sistema sensorial só opera com eventos que podem ser chamados de mudanças. Nestes incluem-se os muitos eventos que acontecem em nossas vidas de forma gradual e por vezes imperceptível, pois assim como somos sensíveis às mudanças rápidas, também somos seres adaptativos. A aparente imperceptibilidade quanto às mudanças graduais estaria relacionada à nossa capacidade de adaptação sistemática e autogerida.

Deste modo os seres vivos estão sujeitos às regularidades de várias leis da física como, por exemplo, a da conservação de energia, da gravidade etc.. Naquilo que se refere aos processos mentais, Bateson considera que não são substanciais, não contêm energia própria tendo que captá-la do meio em que estão inseridos. Tais processos funcionam segundo a lei da causalidade circular que é de vital importância no entendimento de um indivíduo e de seus estados mentais. Neste sentido, segundo a lei de causalidade circular, o efeito de um evento ocorrido num ponto cerebral qualquer pode ser levado em conta na produção, por exemplo, de mudanças em seus pontos de origem.

Ao observar as relações entre indivíduos, Bateson comenta ter encontrado tanto trocas simétricas como complementares. Para entendermos brevemente o que isso significa, nas trocas simétricas, quanto mais um indivíduo **A** se comporta de uma forma **X**, mais provável se torna que um outro indivíduo **B** também venha a se comportar de forma **X**. Já nas trocas complementares o comportamento de **B** torna-se diferente, porém, complementar ao comportamento de **A**. Assim, as relações humanas potencialmente sujeitas às simetrias e complementaridades comportamentais podem produzir a desregulação e o colapso do sistema (indivíduo ou sociedade). Contudo, elas podem também levar a novas formas de organização.

Interações entre indivíduos formam um todo organizado, a sociedade, que retroage sobre os mesmos para co-produzí-los enquanto indivíduos humanos. Neste tipo de perspectiva dinâmica, os processos sociais são entendidos como círculos produtivos ininterruptos nos quais, de algum modo os produtos são necessários à produção daquilo que os produz.

Em suma, ao analisarmos o conceito de *indivíduo* a partir de perspectivas que levam em conta a complexidade, torna-se necessária a consideração tanto das leis causais lineares, como das leis da causalidade circular. O indivíduo fora dos parâmetros reducionistas de análise pode ser entendido como um sistema aberto ou semi-aberto, susceptível às trocas com o ambiente em que está inserido. Durante seu ciclo vital ele passa por estágios dinâmicos de evolução, possui uma complexidade enriquecida não apenas pelo número de elementos como pelos vários níveis de organização destes elementos que o constituem. Nos sistemas abertos, ou semi-abertos, como os seres vivos, a organização, a informação, o acaso, o ruído, a desordem, etc., desempenham papel fundamental na manutenção de sua existência. O modo *como* uma informação, o acaso, a (des)ordem etc. são absorvidos (incorporados ou rechaçados) pelo ser é parte daquilo que ele é, ou como dito anteriormente: retroage sobre o mesmo para co-produzi-lo. Assim, o indivíduo e seus estados mentais não são estáticos, prontos, determinados por fatores preexistentes a ele, mas sim susceptíveis às condições em que estão circunscritos, na condição de agentes e pacientes das mesmas, possuindo uma natureza complexa, complicada, interligada, interdependente, etc. característica dos sistemas abertos.

Concebendo os padrões comportamentais ou de funcionamento neuronal, fisiológico etc. como estruturas abertas e dinâmicas, que podem ser mudadas e sofrem mudanças durante a vida, resta-nos saber quais são os princípios que regem essas mudanças e sua *organização*.

O estudo dos processos de (auto) organização é de particular interesse para a análise do conceito de indivíduo na perspectiva que estamos desenvolvendo. Para entender como um indivíduo se organiza a si mesmo (auto-organiza), é necessário saber como se estabelecem os encontros entre os elementos participantes do processo.

Princípios da auto-organização e a noção de indivíduo

Buscando uma definição de auto-organização que levasse em conta “[...] a especificação que o aspecto ‘organização’ traz para o aspecto ‘auto’ [...]” Debrun (1996, p.13) sustenta que, “[...] há auto-organização cada vez que a partir de elementos realmente (e não analiticamente) distintos, desenvolve-se uma interação sem supervisor (ou sem supervisor onipotente) [...]”. Tal interação podendo eventualmente “[...] levar a constituição de uma forma ou à reestruturação por complexificação de uma forma já existente [...]”.

Apesar de possuir algumas características semelhantes a uma organização comum, a auto-organização é um processo que não necessari-

amente desempenha uma função. Diferentemente das organizações comuns, quando o processo de auto-organização já se encontra estabelecido, ou mais ou menos consolidado, ele até comporta funções que “[...] são exclusiva ou principalmente auto-funções [...]”, ou seja, exercidas em benefício próprio (DEBRUN, 1996, p.29).

O processo de auto-organização desenvolve-se basicamente a partir de si mesmo, sendo a própria gênese do seu ser, tendo em si um aspecto criador que se dá pela interação entre as partes ou elementos que dele participam. Este aspecto criador é uma das características fortes do processo auto-organizado. A interação que se estabelece entre os elementos não deve ser cerceada de antemão por regras e limites que possam restringir o processo em demasia.

Assim, a auto-organização é um processo autônomo, que se estabelece pela interação de elementos de modo espontâneo e guarda uma característica importante ligada à criatividade.

Segundo caracterização de Gonzalez (1996), o termo auto-organização pode ser entendido a partir de duas perspectivas

[...] a primeira, conhecida como auto-organização primária, se refere a situações em que elementos quaisquer independentes interagem, de forma a criar uma relação de dependência mútua entre eles, o que terá como resultado o estabelecimento, criação ou emergência de alguma estrutura, forma ou sistema[...] (GONZALEZ; 1996, p. 284).

A ocorrência de auto-organização primária estaria, por exemplo, na formação genética de um indivíduo. A segunda perspectiva de auto-organização, apontada por Gonzalez, seguindo a referência de Ashby e Debrun, é aquela conhecida como *auto-organização secundária*. Essa forma de organização parte da existência de um sistema primariamente organizado e tem como característica fundamental a capacidade de evolução em seu estado de organização, visando uma melhor adequação ao meio, possibilitando assim a sobrevivência do organismo. Entre os mecanismos de evolução, presentes na auto-organização secundária, temos

[...] feedback (retroalimentação) e aprendizagem através de correção de erros, bem como critérios de relevância para distinguir as situações boas/adequadas daquelas más/inadequadas para o desenvolvimento do sistema[...] (GONZALEZ, 1996, p. 284).

Nesse sentido apenas os seres vivos poderiam, em princípio, se auto-organizar secundariamente, pois, só eles possuem a capacidade de desenvolver critérios de relevância que lhes permitam distinguir o adequado do inadequado, o bom do mal, ainda que num sentido estritamente relativo à sua própria existência (GONZALEZ, 1996, p. 285). A habilidade

de participar adequadamente da dinâmica de diferenciação entre o “si” e o “outro” introduz no organismo a condição necessária para sua constituição como indivíduo.

Naquilo que se refere especificamente à questão do indivíduo, ou do sujeito, Debrun entende que “[...] o sujeito é ‘auto’, quase que por definição [...]”, porém enfatiza que “[...] o que é ‘auto’ não é sempre sujeito [...]”. Para ele, o sujeito ou a “forma-sujeito” de certos organismos (o homem) apesar de intervir como iniciador, orientador e controlador da auto-organização secundária, em particular na aprendizagem, não é onipotente em relação ao seu próprio organismo, uma vez que não pode “*sobrevoar-se*” (DEBRUN, 1996, p. 17-18). Em outras palavras, não temos **consciência** da totalidade de nossos processos mentais, não conseguimos sobrevoar nosso organismo de modo a ter uma visão global de todos os processo que nos acontecem.

No que se refere aos planos de análise tanto biológico quanto fisiológico um indivíduo é auto-organizado, ou para usar os termos de Maturana e Varela (1987, 1997), é um sistema autopoietico. Ele possui uma forma autônoma de existência - uma “[...] *organização circular* de transformações e de produções moleculares [...]” (MATURANA; VARELA, 1997, p.16 grifos nossos), o que implica em um certo fechamento em si próprio excluindo, tanto quanto possível, a presença de corpos estranhos ou de “ruídos”. Porém, segundo Debrun, naquilo que se refere ao sujeito social, sua auto-organização só existe enquanto imperfeição, pois a auto-organização absoluta de um sujeito, sobre ele mesmo, já não mais seria auto-organização mas sim hetero-organização. Nesses casos, do sujeito social, o “ruído”, caracterizado através de elementos estranhos, alheios, a uma certa forma de organização, não apenas está presente, incorporado como elemento criador; como pode auxiliar na dinâmica do sistema que o identifica enquanto sujeito.

As concepções de indivíduo em Bateson, Debrun, Gonzalez, Maturana, Varela e Morin guardam certa compatibilidade e semelhança, pelo menos numa perspectiva macroscópica. Entendendo a não linearidade existente em sistemas abertos, eles parecem concordar na existência de processos auto-organizadores espontâneos e distantes de padrões estabelecidos. Nesses processos as leis e as normas, apesar de presentes, possuem um papel menos determinador na constituição de um indivíduo. Não mais “*teleoentendido*” o indivíduo, quando estudado na perspectiva da complexidade, requer um olhar sobre o desenvolvimento de seu processo *ao longo do seu acontecer*. Assim, um indivíduo, talvez, muito mais do que uma instância “*é*”, possa ser dito como uma instância “*sendo*”, que deve ser entendida, estudada e respeitada enquanto movimento dinâmico.

Referências

- ATLAN, H. *O cristal e a fumaça*. Tradução de V. Ribeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
- BATESON, G. *Steps to an ecology of mind*. New Jersey: Jason Aronson Inc., 1972.
- _____. *Mente e natureza*. Tradução de C. Gerpe, Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves, 1979.
- DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Orgs.) *Auto-organização: estudos preliminares*. Campinas: Unicamp, 1996. (Coleção CLE, v. 18).
- DESCARTES, R. *Descartes obra escolhida*. Tradução de J. Guinsburg; Bento Prado Júnior. 2. ed. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1973.
- GARDNER, H. *A nova ciência da mente*. Tradução de C. M. Caon. São Paulo: Edusp, 1985.
- GONZALEZ, M. E. Q. *Ação, causalidade e ruído nas redes neurais auto organizadas*. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. *Auto-organização: estudos preliminares*. Campinas: Unicamp, 1996. (Coleção CLE, v. 18).
- MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. *The tree of knowledge: the biological roots of human understanding*. Tradução de R. Paolucci. Boston: New Science Library, 1987.
- _____. *De máquinas e seres vivos: autopoiese a organização do vivo*. Trad. de J. A. Llorens. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- MORIN, E. *Ciência com consciência*. Tradução de M. D. Alexandre; M. A. S. Dória. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- PRIGOGINE, I. *O fim das certezas*. Tradução de R. L. Ferreira. São Paulo: Editora Unesp, 1996.
- RYLE, G. *The concept of mind*. New York: Penguin Books, 1949.
- _____. *Dilemas*. Tradução de A. Cabral. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- SCHNITMAN, D. F. (Org.) *Novos paradigmas: cultura e subjetividade*. Tradução de J. H. Rodrigues. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

COMPLEXIDADE E O COMPORTAMENTO HUMANO

Roberto Britto SASSI¹

Fernando dos Santos FERNANDES²

Renato Teodoro RAMOS³

José Roberto Castilho PIQUEIRA⁴

A capacidade de prever o comportamento humano parece ser uma das mais complexas, ou até mesmo *per se* inatingíveis, tarefas enfrentadas pela ciência. A quantidade de fatores capazes de influenciar nossas ações e pensamentos é gigantesca, mas esses fatores poderiam ser divididos em dois grandes níveis: (1) um nível *externo* ao indivíduo, onde colocaríamos todas as questões vinculadas às interações sociais, familiares, culturais, e ambientais; e (2) um outro nível *interno*, que abrangeria cognição, humor, motivações, desejos, e também todas as particularidades biológicas do funcionamento cerebral (conexões sinápticas e interações moleculares e genéticas, entre outras). Obviamente essa divisão é simplista e não dá conta da complexa interface entre os níveis, pois como se sabe estímulos externos podem moldar o funcionamento cerebral assim como as ações e pensamentos humanos interferem no ambiente.

Diversas teorias falharam ao tentar explicar o comportamento humano apenas através da influência do meio social sobre o indivíduo, como se o ser humano fosse uma *tabula rasa* totalmente moldada pelo ambiente. Teorias psicológicas, como a psicanálise e suas derivadas, avançaram em explicações no aqui chamado nível interno, postulando mecanismos inconscientes de motivações e desejos para determinados padrões de comportamento. Nenhuma destas classes de teorias, entretanto, produziu modelos que possibilitassem antecipar ações humanas. Mesmo o comportamento supostamente mais facilmente descrito dos portadores de doenças mentais traz enormes dificuldades quanto à sua previsibilidade, e psiquiatras e psicólogos nem sempre acertam ao avaliar o risco potencial de um

¹ Médico Residente de Psiquiatria, 3º ano, do Departamento de Psiquiatria da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, E-mail: sassi72@hotmail.com.

² Aluno do 2º ano da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, fernandofernandes@hotmail.com.

³ Professor Doutor, Psicologia da Saúde, Universidade Metodista de São Paulo. Pesquisador, LIM-23, Instituto de Psiquiatria do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, rramost@dglnet.com.br.

⁴ Professor Titular, Departamento de Telecomunicação e Controle, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, piqueira@lac.usp.br.

paciente apresentar agressividade ou comportamento suicida. A psiquiatria clássica, auxiliada pela epidemiologia, é capaz de estimar a probabilidade de ocorrência de determinados comportamentos em grupos selecionados de pacientes com patologia mental, mas esses riscos relativos são de difícil aplicação no indivíduo.

Ainda no nível *interno*, nos últimos anos as neurociências avançaram de maneira espantosa no entendimento sistêmico, molecular e genético do cérebro. No entanto, mesmo esses novos paradigmas podem não ser capazes de fornecer explicações para a riqueza dos comportamentos humanos, assim como o nível sub-atômico frequentemente não é o nível de análise ótimo para a resolução de problemas biológicos. Não é possível estabelecer relações como *você agiu assim porque tem menos serotonina no cérebro*, ou *você pensou isso pois suas conexões fronto-estriatais são dessa forma*. A vivência consciente humana é muito mais ampla, e composta de uma enorme quantidade de variáveis em diferentes níveis (sócio-ambiental, psicológico, neuronal e genético, e suas interrelações), o que apenas confirma que estamos lidando com um problema de extrema complexidade. Este capítulo abordará alguns aspectos relativos às dificuldades em se obter uma teoria única para esse problema, e discutirá o uso de modelos matemáticos na compreensão dos fenômenos ligados ao comportamento humano.

Alguns fenômenos previsíveis e outros nem tanto...

Diversos acontecimentos na natureza apresentam comportamento altamente previsível : a posição dos astros e o surgimento de eclipses, o nível das marés, entre outros. Todavia, em diversos fenômenos naturais a capacidade de previsão torna-se mais reduzida ou até mesmo impossível, como por exemplo em terremotos, alterações climáticas ou mesmo ritmos fisiológicos animais. O que faz com que determinados fenômenos tenham comportamento menos previsível que outros ? Um fator importante é a presença de grande número de variáveis capazes de afetar o comportamento de um determinado sistema. Até há pouco tempo atrás acreditava-se que o único fator limitante para o entendimento completo e previsão desses fenômenos fosse a capacidade computacional. Ou seja, se houvesse um computador capaz de analisar todas as variáveis envolvidas nesses fenômenos seria possível prever o comportamento dos mesmos.

Porém, em meados dos anos 60 observou-se que muitos desses sistemas não apresentavam comportamento previsível, mesmo computando-se uma enorme quantidade de variáveis. De maneira geral esses fenômenos apresentavam dinâmicas não-lineares. Esse tipo de comportamento de determinados sistemas já havia sido descrito por Poincaré no final do

século passado, mas o maior avanço nessa área ocorreu nos últimos 30 anos. Edward Lorenz (1963), um meteorologista do Instituto de Tecnologia de Massachussets, percebeu esse tipo de dinâmica no início dos anos 60: ao testar modelos intrincados de previsão do clima, ele encontrou padrões complexos e quase-periódicos de ventos e temperaturas, que se repetiam frequentemente mas nunca da mesma maneira. Ou seja, o comportamento do sistema não era nem periódico / linear, mas também não era randômico ou aleatório. Pode-se descrever esse tipo de sistema de duas formas : através de seu *estado* (representado por todas as informações necessárias para descrever um sistema em um determinado momento) ou através de sua *dinâmica* (que são as regras que descrevem como o sistema muda no tempo). Ao se colocar esse modelo climático de Lorenz em uma representação gráfica de comportamento (chamada *espaço de estados*, onde as coordenadas são os componentes do *estado* do sistema) foram observados padrões geométricos específicos, chamados de *atratores*, que apesar de determinísticos não podiam ser descritos como um conjunto de osciladores periódicos. Além disso, esses sistemas apresentavam uma característica bastante especial, uma *sensibilidade extrema às condições iniciais*. Em outras palavras, pequenas alterações em algumas variáveis do sistema levavam a um comportamento totalmente diferente, cada vez mais distante de quaisquer previsões. Tal característica levou à descrição pitoresca, nos fenômenos meteorológicos, na qual uma borboleta batendo asas na China poderia levar a um furacão na Califórnia.

O que antes era ruído, virou sinal

Esse novo paradigma nas ciências exatas provocou uma série de mudanças na maneira de se abordar diversos fenômenos naturais. Por um lado, ficou evidente que mesmo a observação de todas as variáveis que compõe um determinado sistema não é garantia de previsão de seu comportamento. Por outro lado, inúmeros fenômenos que apresentavam comportamento aparentemente randômico, ou tão complexo que não se percebia qualquer padrão, poderiam agora ser abordados matematicamente.

Vejam, por exemplo, os terremotos. As rachaduras e falhas na superfície da Terra interagem de forma complexa e imprevisível, algumas vezes levando a um efeito dominó de interações e gerando terremotos de grande energia. Após a ocorrência de um grande tremor, é possível analisar qual foi a história prévia deste evento, qual placa tectônica moveu-se para causar o abalo sísmico, etc. No entanto, não é possível prever o terremoto seguinte com grande antecedência, e acreditava-se que a frequência e intensidade dos abalos não seguisse nenhum padrão, mesmo em áreas mais afetadas por tremores. Porém, ao se coletar dados sobre os terremotos

em uma determinada área nos EUA, observou-se que estes seguiam uma proporção muito simples, onde por exemplo, para cada 1000 terremotos de magnitude 4 na escala Richter ocorriam 100 tremores de magnitude 5, 10 tremores de magnitude 6, etc. Ou seja, tremores mais intensos eram mais raros, enquanto tremores mais leves eram mais frequentes; e quando coloca-se esses dados em uma escala logarítmica, o resultado é uma reta.

Outros fenômenos semelhantes foram relatados em 1949 por George Kingsley Zipf, professor da Universidade de Harvard, mas em sistemas influenciados pelo comportamento humano. O número de habitantes em metrópoles no planeta seguia (nos anos 20) uma proporção semelhante à encontrada nos terremotos : havia duas cidades com mais de 8 milhões de habitantes, 10 com mais de 1 milhão, e 100 com mais de 200 mil, gerando uma reta num gráfico logarítmico. Zipf também encontrou que a frequência de uma determinada palavra na língua inglesa segue a mesma lei. Ao colocar todas as palavras de um determinado texto numa ordem de frequência, observou que a 1ª no ranking, *the*, é usada com uma frequência de 9%. A 10ª no ranking, *I*, aparece com uma frequência de 1%; a 100ª, *say*, é usada com uma frequência de 0,1%, e assim sucessivamente. Não importa se o texto é a Bíblia, Ulisses ou um *best-seller* qualquer : a distribuição das frequências segue uma mesma lei de potência, que nesse caso ficou conhecida como lei de Zipf.

Esse não é um fenômeno que ocorre somente com terremotos, concentração urbana ou frequência de palavras. Na verdade, parece estar relacionado com uma profusão de sistemas complexos, tais como a variação mensal dos preços de alguns produtos (grandes variações raras, pequenas variações frequentes), distribuição da extinção de espécies biológicas (extinções em massa raras, extinção de poucas espécies frequente), fluxos de tráfego nas grandes cidades, variações na intensidade da luz emitida por quasares, e diversos outros exemplos. Em todos eles, o que antes parecia ruído (ou seja, uma sequência de eventos sem conexão entre si) passou a surgir como um sinal particular, chamado sinal 1/f (onde a amplitude é inversamente proporcional à frequência do evento, e esses valores são lineares quando colocados em uma escala logarítmica, ou seja, uma lei de potência). Este achado é de extremo interesse, pois demonstra que esses sistemas não são nem perfeitamente organizados (onde encontraríamos um sinal periódico bem determinado) nem totalmente desorganizado (onde observaríamos um ruído branco, aleatório), mas apresentam um certo grau complexo de organização.

O que é *criticalidade auto-organizada*?

O que faz com que sistemas tão diferentes como o fluxo das águas no Nilo e a frequência de palavras num texto tenham comportamento semelhante ? Tentando responder essa pergunta, o físico dinamarquês Per Bak abrigou esses fenômenos sob um mesmo conceito: a *criticalidade auto-organizada*.

Bak (1997, p.2) desenvolveu um modelo simples para explicar sua idéia. Imagine um monte de areia, onde constantemente é adicionado um novo grão de areia no seu topo. Ao observarmos esse monte de areia por algum tempo veremos pequenos deslizos de areia e algumas “avalanches”, de maneira que o monte permanecerá sempre com sua forma típica, semelhante a um cone. Ao medirmos a frequência das avalanches em relação à sua amplitude encontraremos novamente uma lei de potência, onde pequenos deslizos de areia são frequentes, e grandes avalanches são raras.

O que podemos observar nesse modelo? Inicialmente, este não é um sistema fechado: grãos de areia entram ininterruptamente no monte, enquanto outros grãos saem do sistema após os deslizamentos. Também não é um sistema totalmente aberto, pois a grande maioria dos grãos de areia do monte interage muito mais com outros grãos de areia do que com elementos externos. Além disso, cada grão de areia é capaz de interagir com praticamente todos os outros grãos do monte (por exemplo, quando um grão colocado no topo provoca um pequeno deslizamento na base do monte). Conhecem-se as forças que atuam sobre um grão único (gravidade, atrito com outros grãos, etc.), mas isso não é suficiente para prever o comportamento do grão, pois todo o sistema exerce influência sobre este grão e vice-versa.

Um grão de areia, quando colocado no topo do monte, pode causar um pequeno deslizamento, uma grande avalanche, ou não provocar nada. O que se sabe é que sempre haverá muitos deslizamentos pequenos e algumas avalanches. No entanto é impossível prevê-las baseando-se nos comportamentos e trajetórias de cada grão de areia. São as interações entre os múltiplos elementos deste sistema que garantem esse comportamento. O todo é maior que a soma das partes.

De acordo com Per Bak (1997, p.29), a frequência $1/f$ das avalanches é considerada uma propriedade emergente deste sistema : não pode ser explicada pela somatória das trajetórias individuais dos grãos de areia, mas surge através da interação desses mesmos grãos entre si. Essa distribuição seguindo uma lei de potência $1/f$ poderia não ocorrer se mudássemos alguns parâmetros, como a velocidade de entrada de novos grãos de areia no sistema, ou se fossem alteradas as propriedades intrínsecas dos

elementos individuais do sistema (se estivéssemos usando bolas de gude ao invés de areia, por exemplo). Esse é considerado um “equilíbrio crítico” do sistema. Curiosamente, no entanto, o sistema evoluiu para este “ponto crítico” de forma auto-organizada, sem a ação de uma força externa especialmente designada para este fim.

A criticalidade auto-organizada é isso : a propriedade que alguns sistemas complexos (compostos por inúmeros elementos capazes de interagir com praticamente todos os outros elementos do mesmo sistema) têm de evoluir espontaneamente para um estado crítico, nem aleatório e nem totalmente ordenado, onde emergem algumas propriedades que não são explicadas pela somatória das ações individuais dos elementos deste sistema. Nem todos os fenômenos complexos, entretanto, evoluem para a criticalidade auto-organizada. Ainda há muita controvérsia sobre as exatas propriedades necessárias para levar um determinado sistema a esse *equilíbrio*, e sobre quais seriam as melhores formas de se descrever formal e matematicamente esse fenômeno.

A lei de Zipf em uma enfermaria psiquiátrica

Inspirados pelos novos paradigmas matemáticos desenvolvidos pelas ciências do caos e complexidade, resolvemos observar o comportamento de algumas variáveis humanas em uma enfermaria psiquiátrica. Nosso objetivo inicial era estudar as interações entre as pacientes e observar que tipo de dinâmica esse sistema apresentaria. Escolhemos uma enfermaria psiquiátrica por representar um ambiente onde os elementos do sistema têm ampla interação entre si, e apesar de ser relativamente fechado ainda recebe influências externas.

O estudo foi realizado em uma enfermaria psiquiátrica feminina, com 30 leitos, onde as internações são preferencialmente de casos agudos ou agudizações de quadros psiquiátricos crônicos. Observamos todas as pacientes internadas e consecutivamente admitidas por um período de 62 dias, totalizando 68 pacientes. A média de tempo de internação foi de 42,7 dias, e a permanência mais curta foi de 2 dias. De maneira geral, as pacientes eram internadas por agressividade, ideação ou tentativa de suicídio, ou outras alterações disruptivas de comportamento necessitando de auxílio médico. Os diagnósticos das pacientes observadas, seguindo a Classificação Internacional de Transtornos Mentais e Comportamento da Organização Mundial da Saúde (CID-10), encontram-se na tabela 1.

A enfermaria é composta de diversos quartos, alguns individuais e outros abrigando até 6 pacientes, e algumas áreas comuns, como o refeitório e a sala de recreação. Durante a permanência, todas as pacientes

têm atividades de grupo como terapia ocupacional, sessões de relaxamento e atividades esportivas (esta última em uma pequena área externa à enfermaria, mas de acesso apenas às pacientes). As visitas de familiares ocorrem diariamente, durante uma hora, e as pacientes tem entrevistas diárias com seus médicos e contato constante com a equipe de enfermagem. Durante os finais-de-semana, as pacientes com quadros mais leves recebem licença e são levadas por seus familiares para casa, retornando na segunda-feira. Ou seja, temos um sistema composto de diversos elementos que interagem entre si de forma bastante variada, e que apesar de não ser totalmente aberto recebe estímulos externos constantemente.

TABELA 1 - Diagnósticos

Número	Percentual	Diagnóstico
18	26,5 %	Transtorno Afetivo Bipolar
12	17,6 %	Transtorno Depressivo
10	14,7 %	Esquizofrenia
8	11,8 %	Dependência de álcool e / ou Drogas
4	5,9 %	Transtorno Mental Orgânico
2	2,9%	Transtorno de Personalidade
14	20,5 %	Outros

Todas as pacientes receberam uma nota diária em dois parâmetros : atividade psicomotora (X) e interação social (Y). Essas variáveis foram escolhidas por: (1) serem universais e estarem presentes em todas as pacientes, e (2) suas alterações não serem características de nenhuma patologia (como por exemplo variações intensas de humor ou sintomas psicóticos). As notas foram dadas diariamente por um único observador durante os 62 dias consecutivos, baseando-se nos relatos médicos e de enfermagem, produzindo assim uma nota que representasse a média das últimas 24 horas (ver tabelas 2 e 3).

TABELA 2 - Atividade psicomotora (X)

Nota	Descrição do Comportamento
1	Calma, adequada
2	Leve inquietação, percebida apenas quando questionada diretamente
3	Evidentemente inquieta, andando pelos corredores com frequência
4	Agitação importante, importunando as outras pacientes
5	Excitação extrema, necessitando de sedação e / ou restrição física

TABELA 3 - Interação Social (Y)

Nota	Descrição do Comportamento
1	Contato social ativo, interagindo com outras pacientes e equipe
2	Leve tendência ao isolamento social, percebida apenas quando questionado diretamente
3	Evidentemente isolada, mantendo contato social apenas com algumas pessoas
4	Inibição social importante, mantendo contato apenas se estimulada
5	Ausência de comunicação verbal e não-verbal, catatonia

Dessa forma obtivemos séries temporais de X e Y para cada paciente, assim como uma série temporal para a enfermaria como um todo (através das médias diárias de todas as pacientes internadas). Além disso, foi possível montar matrizes para analisar as frequências das notas de X e Y, assim como suas variações entre um dia e outro (DX e DY). Conduzimos o trabalho computacional através de uma das estratégias gerais da lei de Zipf. Maiores detalhes podem ser encontrados em Piqueira et al (1999a).

Em nossos estudos, a lei de Zipf mostrou ser um bom instrumento para explicar os dados encontrados : observamos que grandes momentos de agitação da enfermaria, onde várias pacientes apresentavam-se inquietas ou mesmo agressivas (ou seja, as *grandes avalanches* no nosso sistema) eram menos frequentes que as mudanças mais leves de estado mental (os *pequenos deslizamentos*). Essas frequências seguiam uma lei de potência, e quando representadas em escala logarítmica produziam uma reta .

O mesmo tipo de padrão foi observado ao separarmos os dados das pacientes de acordo com seu diagnóstico, ou seja, se considerarmos as depressivas, as esquizofrênicas ou as bipolares como grupos separados, obteremos os mesmos resultados. O coeficiente de variação é outro, ou seja, o tamanho das *avalanches* é diferente entre as diversas patologias, mas a relação $1/f$ é mantida.

O que isso significou na observação diária das pacientes ? O que pudemos observar é que inúmeros fatores estão implicados no comportamento de uma determinada paciente : sua patologia, seus traços de personalidade, as medicações recebidas, a interação com outras pacientes mais próximas e com a equipe, a visita diária da família, a presença de outras pacientes agitadas ou agressivas na enfermaria, e diversos outros fatores de difícil avaliação. No entanto, apesar de tamanha complexidade, as pacientes quando tomadas em conjunto, como um sistema, apresentaram flutuações em dois parâmetros observáveis (atividade psicomotora e interação social) que seguiam uma determinada regra $1/f$. Deste sistema

emergiu uma propriedade, que não pode ser explicada pela somatória das análises individuais do comportamento. Além disso, o sistema evoluiu para esse estado crítico e auto-organizado de forma espontânea (obviamente nenhuma paciente é orientada a apresentar inquietação ou apatia de forma a estabelecer uma lei de potência para todo o grupo). Não era possível prever qual paciente levaria a enfermaria a uma grande agitação (a “avalanche”), ou em que momento isso aconteceria. Mas foi possível observar que as pequenas mudanças e as grandes alterações certamente aconteceriam, e que suas frequências seguiriam um modelo matemático simples.

O normal e o patológico

O estudo das dinâmicas não-lineares, em especial o caos, é uma ferramenta importante na análise de fenômenos biológicos. Na medicina o caos já havia sido usado para estudar o sincronismo de células cardíacas e o comportamento de populações de neurônios, entre outros. Nas neurociências, o caos serve como metáfora e modelo para fenômenos em diferentes níveis de observação. Mais recentemente, a psiquiatria tem fornecido dados bastante interessantes sobre a dinâmica do comportamento humano.

Dünki e Ambühl, por exemplo, observaram a flutuação diária de sintomas psicóticos em um grupo de esquizofrênicos por longos períodos de tempo (até 2 anos). Apesar de se acreditar que a esquizofrenia não apresentasse nenhum padrão temporal estabelecido (diferente dos paciente com transtornos afetivos), os autores não encontraram o “ruído branco” que seria esperado, e sim uma lei de potência. Ou seja, há um padrão na flutuação temporal de sintomas psicóticos na população estudada. É um padrão complexo e não-linear, mas é um padrão.

A flutuação de humor nos transtornos afetivos, por outro lado, esteve tradicionalmente vinculada a idéias de periodicidade e ritmos biológicos (circadiano, por exemplo). Gottschalk et al (1995), no entanto, encontraram variações caóticas ao pesquisarem alterações diárias do humor, através de escalas auto-aplicáveis, em pacientes bipolares por até 2,5 anos. Apesar de encontrarem espectro $1/f$ nas medidas tanto dos pacientes quanto dos controles normais, era possível diferenciar os dois grupos através da análise matemática das séries temporais : as estimativas convergentes de dimensão (ou seja, uma medida da estrutura determinística não-linear) puderam ser obtidas em 6 dos 7 pacientes, e em nenhum dos controles. Não foi encontrada periodicidade verdadeira, mas ficou evidente que as flutuações de humor nos paciente são mais *ordenadas* e estruturadas que nos normais.

Nem todos os aspectos da doença mental são mais organizados nos pacientes que na população em geral. O sono, por exemplo, sofre o processo contrário. O que é interessante notar é que diversos aspectos do comportamento humano, apesar das inúmeras e imprevisíveis influências, pode seguir determinados padrões não-lineares, que ficam ainda mais evidentes na patologia mental. Poderiam essas dinâmicas individuais caóticas (mas de forma alguma aleatória) estarem envolvida no surgimento de propriedades emergentes como as observadas na nossa enfermaria?

Não há, até onde foi possível descobrir, outros estudos do comportamento em grupos humanos sob a ótica dos sistemas não-lineares. Em animais, o comportamento de agregação é bastante conhecido, e há evidências de propriedades emergentes dos bandos animais, ou seja, verdadeiras *decisões coletivas*. Bandos de pássaros e cardumes de algumas espécies de peixes costumam apresentar algumas sincronias na busca por alimento e na fuga, enquanto em alguns agrupamentos de insetos e certas colônias de bactérias é possível evidenciar dinâmicas não-lineares. Os indivíduos de algumas dessas espécies parecem adaptar seu comportamento de forma a seguir o padrão do resto do grupo, mesmo que isso leve a prejuízo para esse mesmo indivíduo. Não se sabe se esse comportamento de agregação animal é capaz de levar a vantagem evolutiva ou é apenas um epifenômeno.

Conclusões

O desenvolvimento de modelos matemáticos simples, baseados em leis de potência, parece ser capaz de apresentar novas questões para o entendimento do comportamento humano. Há evidências de que algumas variáveis apresentam flutuação diferente em normais quando comparados com portadores de doenças mentais, e que certos fenômenos que antes pareciam ser aleatórios ou impossíveis de prever (devido a extrema complexidade dos fatores envolvidos) agora são passíveis de abordagens matemáticas e mostram padrões complexos e não-lineares, mais organizados na patologia que na normalidade, e diferentes da aleatoriedade.

No estudo realizado pelo nosso grupo, encontrou-se criticalidade auto-organizada numa enfermaria psiquiátrica durante o período observado. Várias hipóteses podem ser levantadas: se as pacientes fossem outras, seria possível observar o mesmo fenômeno? Que variáveis influenciariam a enfermaria a ponto de romper o equilíbrio crítico? Outras enfermarias psiquiátricas apresentam o mesmo fenômeno? Seria possível observar a criticalidade se estivéssemos medindo outro tipo de variável?

Atualmente, estamos ampliando nossos estudos em pessoas normais convivendo em grupo para tentar descobrir se a criticalidade auto-organizada está vinculada com a patologia mental (sendo dessa forma uma dinâmica patológica, individualmente ou em grupo) ou se é um fenômeno mais amplo no ser humano. Nosso grupo também está desenvolvendo um modelo de enfermaria psiquiátrica *virtual*, que possivelmente possibilitará um maior controle das variáveis envolvidas na gênese desse equilíbrio crítico e auto-organizado tão peculiar.

Referências

- BABLOYANTZ, A.; LOURENÇO, C. Computation with chaos: a paradigm for cortical activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, n. 91, p. 9027-9031, 1994.
- DÜNKI, R. M.; AMBÜHL, B. Scaling properties in temporal patterns of schizophrenia. *Physica A*, n. 230, p. 544-553, 1996.
- GERMINE, M. Information and psychopathology. *Journal of Nervous and Mental Diseases*, n. 181, p. 382-387, 1993.
- GILDEN, D.L.; THORNTON, T.; MALLON, M.W. 1/f noise in human cognition. *Science*, v. 267, p. 1837-1839, 1995.
- GOTTSCHALK, A.; BAUERR, M. S.; WHYBROW, P. C. Evidence of chaotic mood variation in bipolar disorder. *Archives of General Psychiatry*, n. 52, p. 947-959, 1995.
- KANDEL, E. A new intellectual framework for psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, n. 155, p. 457-469, 1998.
- JENSEN, H. J. *Self-organized criticality*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- LORENZ, E. N. Deterministic nonperiodic flow. *Journal of Atmospheric Science*, v. 20, p. 130-141, 1963.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *CID-10: classificação dos transtornos mentais e do comportamento*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.
- PARRISH, J. K.; EDELSTEIN-KESHET, L. Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. *Science*, v. 284, p. 99-101, 1999.
- PER BAK. *How nature works*. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- PIQUEIRA, J. R. C. Measuring behavior variables on a psychiatric ward. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL BRAIN RESEARCH ORGANIZATION, 4;1999b, Jerusalem.
- _____. et. al. Zipf's law organizes a psychiatric ward. *Journal of Theoretical Biology*, v. 198, n. 3, p. 439-443, 1999a.
- PIQUEIRA, J. R. C.; SASSI, R. B.; RAMOS, R.T. Modeling pathological behavior in psychiatric patients. MEETING OF SOCIETY FOR MATHEMATICAL PSYCHOLOGY, 31., 1998. Vanderbilt University, Nashville.
- SCHMID, G. B. Chaos theory and schizophrenia: elementary aspects. *Psychopathology*, n. 24, p. 185-198, 1991.
- ZIPF, G.K. *Human behavior and the principle of least effort*. Cambridge: Addison-Wesley, 1949.

ESTABILIDADE NA AQUISIÇÃO DE HABILIDADE MOTORA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A FORMAÇÃO DE PADRÕES

Edison de Jesus MANOEL¹
Andrea Michele FREUDENHEIM¹
Luciano BASSO¹
Go TANI¹

Introdução

Quando indivíduos praticam uma habilidade motora eles adquirem uma representação mental ou um programa motor, particularmente quando essa habilidade apresenta alta demanda cognitiva (COLLEY, 1989). O conceito de programa motor tem passado por várias mudanças nas últimas três décadas. O programa já foi considerado como sendo específico para cada padrão de movimento (KEELE, 1981), generalizado para uma dada classe de movimento (SCHMIDT, 1975), ou ainda distribuído (MACKAY, 1982; PEW, 1984; REQUIN, 1992) e hierarquicamente organizado (ROSENBAUM; KENNY; DERR, 1983). Em que pese as diferenças, essas concepções concordam na natureza abstrata do programa que é visto como uma representação mental que dá todas as direções para o desenrolar da ação. Essa é uma concepção que está de acordo com o conceito de programa de ação proposto por Connolly (1973). O programa de ação estabelece um padrão global para a ação motora, definindo a sequência de eventos para atingir um objetivo no ambiente. Ele condiciona ao invés de determinar o padrão de movimento, revelando uma plena compreensão da relação meio-fim da habilidade (CONNOLLY; DALGLEISH, 1989). A elaboração de um programa de ação começa com a intenção em atingir uma meta particular. Atualmente, a intenção é vista como um parâmetro de controle que restringe a dinâmica do sistema (KELSO, 1995; SCHÖNNER, 1994; THELEN, et al., 1993). Assim, podemos argumentar que um programa de ação atua como uma restrição (*constraint*) que com outras irá levar à coordenação motora (MANOEL; CONNOLLY, 1995; TANI; CONNOLLY; MANOEL, 2000). Investigar a estrutura de um programa de ação e sua aquisição é de grande interesse para a compreensão da formação de padrões na aquisição de habilidades motoras.

Com a abordagem dos sistemas dinâmicos abriram-se novas perspectivas sobre como a coordenação é engendrada nas habilidades motoras (cf. TURVEY, 1990). Recentemente, seus instrumentos conceituais e metodológicos têm sido utilizados para lidar com a própria essência do

¹ Escola de Educação Física e Esporte - Laboratório de Comportamento Motor - Universidade de São Paulo. E-mail: ejmanoel@usp.br

processo: mudança. Paradoxalmente, é a estabilidade, e não a mudança, o foco de muitos estudos (e.g. VEREIJKEN, et al., 1992; ZANONE; KELSO, 1992). Isto é compreensível posto que para identificar a mudança, é preciso caracterizar o padrão estável do sistema. A principal característica da aquisição de habilidades motoras é a transição entre atratores (KELSO, 1995; THELEN; SMITH, 1994; VAN DER MASS; HOPKINS, 1998). A partir desse ponto de vista, Manoel e Connolly (1997) argumentam que o principal problema de influentes teorias de aprendizagem motora, tais como a de circuito fechado (ADAMS, 1971) e a de esquema motor (SCHMIDT, 1975) não é tanto sua ênfase numa representação mental da ação motora, mas a visão finita do processo de aprendizagem como é expresso no modelo clássico de três estágios proposto por Fitts e Posner (1967).

Do ponto de vista dos sistemas dinâmicos, a aquisição de habilidades não termina quando o estágio autônomo é alcançado, ao contrário, a habilidade continuará a mudar visto que o indivíduo enfrenta novas situações e estabelece novos objetivos em sua interação com o meio ambiente. Por essa razão, os modelos tradicionais de aprendizagem podem ser entendidos como modelos de equilíbrio, isto é, modelos que só explicam a formação de estruturas. Choshi e Tani (1983) conceberam a aprendizagem motora como a formação de um sistema estável (estabilização) seguida de uma transição para um sistema adaptativo (processo adaptativo). Esses autores estudaram a aprendizagem de uma tarefa em que os sujeitos adultos tinham que realizar uma seqüência de movimentos de acordo com o rastreamento de uma série de estímulos visuais. Eles encontraram que após uma série de respostas omissas e erradas os sujeitos iniciavam a apresentação de respostas corretas seguidas de respostas em que toda a seqüência era realizada antecipadamente à seqüência de estímulos (respostas antecipatórias). Essa última classe de resposta levou à uma melhor adaptação quando a relação entre os estímulos, e consequentemente a ordem seriada da ação, era modificada. Tani, Connolly e Manoel (1996) utilizaram o mesmo paradigma experimental para investigar a estabilização e o processo adaptativo em crianças de dez anos de idade. Com algumas crianças, a estabilização do desempenho ocorreu com a predominância de respostas corretas, já com outras crianças, a estabilização se deu com respostas antecipatórias. Quando a seqüência foi modificada, o grupo que estabilizou com respostas corretas apresentou um desempenho inferior em comparação ao grupo com respostas antecipatórias.

A formação de uma estrutura é atingida pela estabilização, fenômeno que é explicado pela maioria dos modelos de aprendizagem motora. Entretanto, o processo adaptativo é sempre requerido quando novos desafios se impõem ao indivíduo. Nessas condições, o estado estável não se sustenta face às novas demandas para a habilidade, acarretando uma

quebra da estabilidade. O processo adaptativo requer que os estados estáveis sejam quebrados e reorganizados em novos, algo que demanda alto grau de redundância no sistema. As respostas antecipatórias refletem esse estado de redundância no sistema, necessário para a adaptação.

O modelo de Choshi e Tani (1983) destaca a importância em se testar experimentalmente o grau de estabilidade do sistema por meio de perturbações que demandem uma solução motora fundamentalmente diferente daquelas que o sistema se acostumou a produzir. De acordo com os conceitos oriundos da teoria de esquema motor, o processo adaptativo seria requerido toda vez que as características invariáveis da ação, como *timing* relativo ou sequenciamento, tivessem que ser modificados. Assim, o programa motor generalizado deveria ser modificado, entretanto, a teoria de esquema não é capaz de explicar como isso ocorre. Já no paradigma de aprendizagem de seqüência (e.g. KEELE; COHEN; IVRY, 1990), o processo adaptativo estaria envolvido toda vez que a relação entre os elementos fosse modificada, entretanto a preocupação nesse paradigma continua sendo investigar como a estrutura formada se mantém. Zanone e Kelso (1997) estudaram como um sistema estável lida com a perturbação que requer uma dinâmica diferente da dinâmica intrínseca do sistema. Entretanto, o interesse de ambos repousou na análise dos efeitos da perturbação num sistema já estabilizado, isto é na sua dinâmica intrínseca. Pouca ou nenhuma atenção foi dada à emergência do novo padrão. Em resumo, a investigação da continuidade do processo de aquisição de habilidades motoras ainda carece de maior atenção.

A natureza da representação mental e o processo de aquisição de habilidades motoras são temas de grande interesse no estudo dos aspectos cognitivos da ação motora. A abordagem articulada de ambos ainda se ressentem da visão de equilíbrio que predomina em teorias influentes de aprendizagem motora, como a teoria de circuito fechado e de esquema motor. Para tentarmos suplantarmos esse problema abordaremos primeiramente a natureza do programa de ação.

Muitos autores se maravilham com o fato de que habilidades motoras passam por mudanças qualitativas ao longo do tempo. Habilidades gráficas, por exemplo, são adquiridas em idades precoces, mas estão longe de ser consolidadas a essa altura, algo que se estenderá por toda a infância e parte da adolescência. A maioria dos adultos escreve razoavelmente bem, mas há diferenças qualitativas em seu desempenho. Nas habilidades esportivas, igualmente, encontramos pessoas que executam com graus de desempenho radicalmente diferentes. Esses níveis diferenciados de habilidade podem ser explicados em grande parte pelas diferenças no progresso trilhado da estabilidade para a adaptação.

A investigação de como diferentes restrições atuam sobre a estabilização e adaptação de habilidades é um aspecto importante para o estudo da aprendizagem motora. Em particular, deve-se conceber o programa de ação de uma forma dinâmica de maneira a se explicar o seu aumento em complexidade, isto é a sua transição da estabilidade para a adaptação. A investigação de como um programa de ação é formado e evolui no tempo é o principal foco do presente trabalho.

Programa hierarquicamente organizado: um modelo experimental

Ações habilidosas são consistentes e variáveis, fidedignas e flexíveis. Qualquer proposição sobre como habilidades são organizadas necessita reconciliar essas características tidas como pólos opostos. Assim, o programa de ação pode ser visto como sendo organizado hierarquicamente seguindo a distinção entre macro-determinância e micro-indeterminância proposta originalmente para os sistemas biológicos (WEISS, 1969). Dessa forma, o programa de ação seria organizado em dois níveis: (a) macro-estrutura; (b) micro-estrutura (MANOEL; CONNOLLY, 1995, 1997; TANI, 1982, 1995; TANI, CONNOLLY; MANOEL, 2000). A macro-estrutura resulta da interação dos componentes da habilidade e por isso ela se caracteriza por ser bem definida e orientada à consistência e à ordem. A macro-estrutura é refletida nas características invariantes da ação motora como o *timing* relativo, seqüenciamento, força relativa. A micro-estrutura refere-se aos componentes da ação cujo comportamento goza de relativa autonomia. Por isso, a micro-estrutura é mal definida, variável e orientada à desordem. Ela é refletida nas características variáveis do desempenho motor como tempo de movimento absoluto, força absoluta e seleção de grupo muscular. Tani (1995) exemplifica o funcionamento das duas estruturas com um programa de ação hipotético para o salto em distância. No nível da macro-estrutura do programa, há uma relação temporal bem definida entre a corrida de preparação, impulsão, fase aérea e aterrissagem. Já no nível microscópico do programa, cada componente é empregado livremente mas dentro de certos limites estabelecidos pela macro-estrutura. Por exemplo, a velocidade de corrida pode variar, como de fato ocorre para garantir maior precisão na impulsão (cf. LEE; LISHMAN; THOMSON, 1984). Mas o componente corrida também apresenta um *timing* relativo que tende a ser invariante (macro-estrutura) apesar das variações nos tempos absolutos de movimento dos ciclos de passada (micro-estrutura). Essa natureza hierárquica do comportamento é reconhecida de longa data (cf. TINBERGEN, 1951; WEISS, 1941), e revela a natureza dinâmica e não linear do comportamento motor. Nossa tentativa é mostrar que a dinâmica do processo é igualmente de natureza hierárquica. A relação dos elementos na definição da macro e

micro-estruturas varia ao longo do tempo, como tem sido mostrado no desenvolvimento de habilidades manipulativas (MANOEL; CONNOLLY, 1994; 1998).

Durante a aquisição de habilidades, a macro-estrutura do programa de ação é mal definida pois a variabilidade está presente nos dois níveis, como pode ser visto na aprendizagem e desenvolvimento (cf. MANOEL; CONNOLLY, 1995). Quando há a padronização motora, a relação entre os componentes torna-se bem estabelecida levando à emergência de uma macro-estrutura. Nesse sentido, a macro-estrutura emerge das relações que se estabelecem na micro-estrutura que por sua vez passa a ser restringida pela macro-estrutura. Os graus de liberdade nunca são congelados totalmente, do contrário, o sistema perderia redundância e assim sua capacidade de gerar nova macro-estrutura, necessária para uma nova adaptação. Tani (1995) comenta de forma interessante que a macro-estrutura é, ao mesmo tempo, causa e efeito da padronização na micro-estrutura. Trata-se de uma visão dinâmica de hierarquia posto que os níveis superior e inferior são relativamente definidos. A relação hierárquica entre a macro-estrutura e a micro-estrutura se estabelece de forma que uma condiciona a outra. A qualquer momento, flutuações da micro-estrutura podem gerar uma quebra da macro-estrutura resultando numa reorganização do padrão e consequentemente levando a uma nova macro-estrutura. Essa, por sua vez, passará a agir de forma a condicionar a micro-estrutura. Dessa forma, evita-se o problema do regresso infinito (qual a representação que gera a representação ?) e o problema da concepção estática de hierarquia onde os níveis inferiores são totalmente submissos ao nível superior e/ ou o nível superior tem que especificar toda a ação dos níveis inferiores.

Tani, Connolly e Manoel (2000) investigaram se a aprendizagem de uma habilidade gráfica resultaria na formação de um programa de ação com macro- e micro-estruturas. Assumiu-se que a formação de padrão envolveria a padronização das interações entre os componentes do movimento levando a uma estrutura estável. Para esse fim, é necessário que as tarefas experimentais envolvam componentes claramente identificáveis além de terem formas de interação distinta entre eles. Por essa razão, optou-se pelo uso de uma tarefa de reprodução gráfica que consistia num padrão particular de associação entre traços. Nesse experimento, os indivíduos praticaram uma tarefa gráfica composta de dez traços (horizontais e verticais) ao longo de 100 tentativas. Em seguida, ocorreram algumas modificações na tarefa praticadas por subgrupos da amostra original. Parte dos indivíduos executaram o mesmo padrão com a instrução de fazê-lo o mais rápido possível, outro grupo devia reproduzir o padrão praticado mas com um aumento de 40% em seu tamanho original, e finalmente, o último grupo de indivíduos, deveria executar um novo padrão que diferia do original pela

modificação da posição espacial de quatro traços. O raciocínio subjacente a esse delineamento era o de que nas primeiras duas modificações da tarefa haveria a necessidade de alterações paramétricas e por isso poderiam ser acomodadas por alterações na micro-estrutura. Já na terceira modificação da tarefa, haveria uma alteração estrutural nas relações entre os elementos, resultando numa maior perturbação da macro-estrutura. As medidas de macro-estrutura foram a variabilidade do *timing* relativo, do tempo de pausa relativo, do tamanho relativo e do seqüenciamento. A micro-estrutura foi acompanhada a partir da variabilidade do tempo absoluto de movimento, de pausa absoluta e do tamanho total. Em todas as medidas, com exceção de uma (tamanho relativo), as previsões foram confirmadas. Portanto, mudanças estruturais na configuração espacial do padrão levaram a um aumento significativo da variabilidade da macro-estrutura. Da mesma forma, mudanças paramétricas (velocidade e tamanho) não afetaram a macro-estrutura. Tani, Connolly e Manoel (2000) não verificaram o grau de estabilidade do programa antes da introdução de modificações. A identificação desse grau é um ponto que merece atenção pois dentro da perspectiva teórica adotada espera-se que um padrão estável tenha como causa a emergência de uma macro-estrutura consistente.

O estudo de como o sistema se torna estável é difícil na aprendizagem motora devido à necessidade de uma grande quantidade de prática para esse fim. Em estudos prévios, a macro-estrutura tendia a se tornar consistente quando o desempenho global melhorava. Entretanto, podemos perguntar até que ponto isso ocorrerá quando o indivíduo for submetido a uma prática extensiva. Será que a macro-estrutura se manterá consistente? Assumindo que a variabilidade desempenha um papel construtivo no aumento da complexidade da habilidade, poderíamos perguntar se a variabilidade irá aumentar com a crescente estabilidade? Em caso positivo, esse aumento seria mais evidente na micro-estrutura? Grande variabilidade no desempenho pode ser prejudicial no início da prática, mas o mesmo não vale para um estado em que a habilidade é praticada de forma extensiva. Outro aspecto que merece atenção diz respeito ao tratamento estatístico para caracterizar a variabilidade enfocando como a macro e micro-estruturas se comportam entre si e em relação à performance global.

Nós tentamos abordar alguns desses problemas via a condução de um estudo de caso, no qual o indivíduo realizou prática extensa de numa habilidade gráfica. Para que a estabilidade seja alcançada é necessário uma grande quantidade de prática, assim, nós examinamos como o desempenho global, as macro e micro-estruturas se comportaram como forma de descrever a formação de padrão na aquisição de habilidade motora.

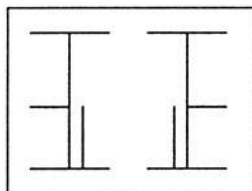
Método

Participante. Um garoto de 14 anos de idade, com alguma prática na reprodução gráfica de padrões similares ao utilizado no presente estudo.

Instrumento e tarefa. Foi utilizada uma mesa digitalizadora sensível a pressão de uma caneta especial, modelo *Quora Cordless QC-A4* da TDS Card-graphics. Uma interface foi construída especialmente para esse estudo, a qual interligava a mesa à um computador Macintosh, *Performa 630*. A coleta e análise dos dados foram gerenciados por um software também desenvolvido especialmente para esse estudo.

A tarefa experimental era desenhar um padrão gráfico composto por 10 traços (Figura 1). O sujeito teve que realizar os desenhos em uma folha de papel sulfite (A4) na qual estava demarcado 20 quadros igualmente distribuídos, sendo que no topo da folha estava localizado o padrão gráfico a ser reproduzido.

FIGURA 1 - Padrão gráfico que foi reproduzido.



Delineamento e procedimento. O indivíduo executou a tarefa 700 vezes, numa prática que foi distribuída durante uma semana, em cinco sessões. Foi realizada uma sessão por dia, com 140 tentativas. O indivíduo recebeu as seguintes orientações: (a) reproduzir o padrão gráfico adotando qualquer seqüência de traços e numa velocidade a qual se sentisse mais confortável; (b) os traços deviam ser executados de forma que o início e o fim fossem bem definidos; (c) o padrão devia ser desenhado de acordo com possível do modelo, procurando ser o mais fiel possível às suas características espaciais (d) nenhuma tentativa deveria ser feita para retornar ao desenho anterior com o propósito de corrigi-lo; (e) todos os quadros da folha deviam ser preenchidos iniciando-se do quadro mais à esquerda e superior, indo para a direita até o último da folha.

Após o preenchimento da folha (com 20 quadros) havia um intervalo ao redor de 90 segundos, tempo suficiente para que o experimentador trocasse a folha preenchida por uma nova.

Medidas e análise estatística. Várias medidas foram tomadas para se atingir diferentes propósitos. Primeiro, o desempenho global foi utilizado para se verificar como a habilidade foi adquirida. A identificação de plateau na curva de desempenho foi considerado como indicativo de estabilidade do comportamento. Duas medidas de desempenho global foram utilizadas: tempo total de movimento médio e tempo total de pausa médio. Essas medidas foram calculadas a partir da soma dos tempos gastos para efetuar cada traço e a soma dos tempos gastos entre um traço e outro, respectivamente. Segundo, para verificar a formação da macro e micro-estruturas utilizou-se dos desvios-padrão, posto que a estabilidade era o objeto principal da investigação. A macro-estrutura foi considerada a partir dos desvios-padrão da média do *timing* relativo e do tempo de pausa relativo dos componentes num bloco de tentativas. A micro-estrutura foi indicada pelos desvios-padrão das médias de tempo total de movimento e tempo total de pausa num bloco de tentativas.

A análise estatística foi aplicada a dez blocos (com setenta tentativas em cada), para cada uma das medidas já mencionadas. De forma a verificar a significância das diferenças ao longo da prática foi conduzida uma série de ANOVAs one way para cada medida. As análises *post hoc* foram feitas com o teste de Tuckey.

A magnitude da variabilidade da macro e micro-estruturas foi posteriormente calculada por meio da aplicação de um coeficiente de variabilidade relativa para dados discretos proposto por Eisenhauer (1993). Esse coeficiente é definido pela razão entre o desvio padrão e a diferença dos valores máximo e mínimo desses desvios por bloco, o que é expresso na seguinte equação:

$$Cevr = DP / (Máx - Min)$$

Os valores de variabilidade se distribuem numa escala que vai de 0,5 (nível mais alto de variabilidade) a 0,0 (nível mais baixo de variabilidade).

Resultados

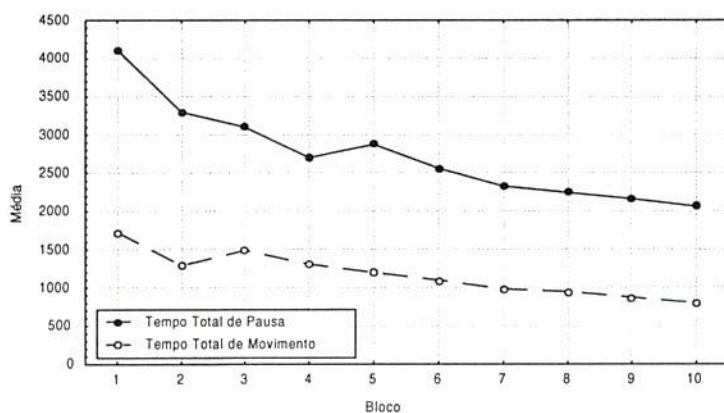
Medidas de desempenho global

Um fato comum na pesquisa em aprendizagem motora é a presença de plateau na curva de performance depois de uma prática extensa. Na figura 2, pode-se verificar que mesmo após 700 tentativas o indivíduo ainda mostrava uma tendência à diminuição no tempo total de movimento e tempo total de pausa. O tempo total de pausa apresentou um declínio acentuado do primeiro para o segundo bloco no primeiro dia, e

depois ele tendeu a diminuir de forma menos acentuada até a última sessão (blocos 9 e 10). O tempo total de movimento diminuiu de forma mais gradual ao longo dos cinco dias de prática.

A ANOVA one way conduzida para cada medida encontrou diferença estatisticamente significativa para o tempo total de pausa ($F[9,60]=59,864$, $p < .05$) e o tempo total de movimento ($F[9,60]=40,301$, $p < .05$). O teste *post hoc* de *Tuckey* indicou diferenças significativas no tempo total de pausa entre o bloco 1 e todos os outros blocos, bloco 2 e todos os outros blocos com exceção do bloco 3, e bloco 3 com todos os outros blocos com exceção do bloco 5 ($p < .05$). Para o tempo total de movimento, a análise *post hoc* usando o teste de *Tuckey* indicou diferenças significativas entre o bloco 1 e todos os outros blocos, bloco 2 e blocos 7, 8, 9 e 10, bloco 3 e blocos 5, 6, 7, 8, 9 e 10, bloco 4 e blocos 7, 8, 9 e 10, bloco 5 e blocos 7, 8, 9 e 10 ($p < .05$).

FIGURA 2 - Média do tempo total de pausa e tempo total de movimento por blocos de 70 tentativas (Desempenho global).

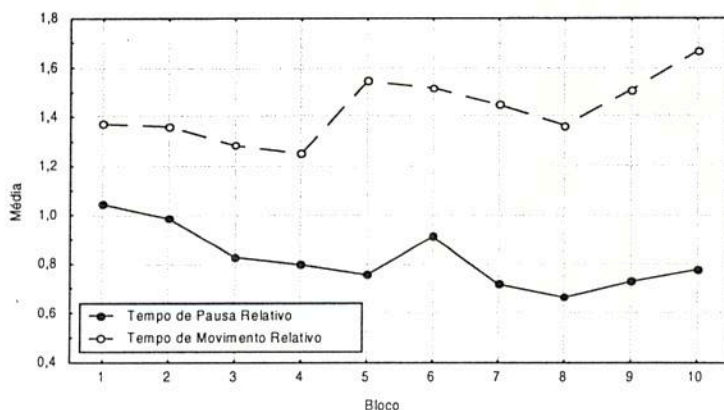


No geral, esses resultados indicaram que o desempenho global melhorou posto que o indivíduo gastou menos tempo para tomar decisões sobre qual traço deveria realizar (tempo total de pausa), assim como também, despendeu menos tempo para completar os traços constituintes do padrão gráfico (tempo total de movimento). A falta de diferenças estatísticas nos últimos três dias de prática indica a existência de um plateau, o que nos dá evidência de que a estabilidade foi alcançada. A seguir cabe descrever como essa estabilidade foi atingida.

Medidas de macro-estrutura

A variabilidade do tempo de pausa relativo tendeu a diminuir apesar de um breve aumento no segundo bloco da terceira sessão (Figura 3). Por outro lado, a variabilidade do tempo de movimento relativo aumentou, principalmente da segunda para a terceira sessão e da quarta para a quinta sessão (Figura 3). A ANOVA *one way* não detectou diferença significativa para o tempo de pausa relativa, ($F[9,60]=1,714$, $p < .10$). Já para o tempo de movimento relativo houve uma diferença, ($F[9,60]=2,909$, $p < .05$). A análise *post hoc* com o teste de *Tuckey* indicou que as diferenças significativas estavam localizadas entre os blocos 3 e 10 e os blocos 4 e 10.

FIGURA 3 - Média do tempo de pausa relativa e tempo de movimento relativo por blocos de 70 tentativas (Macro-estrutura).

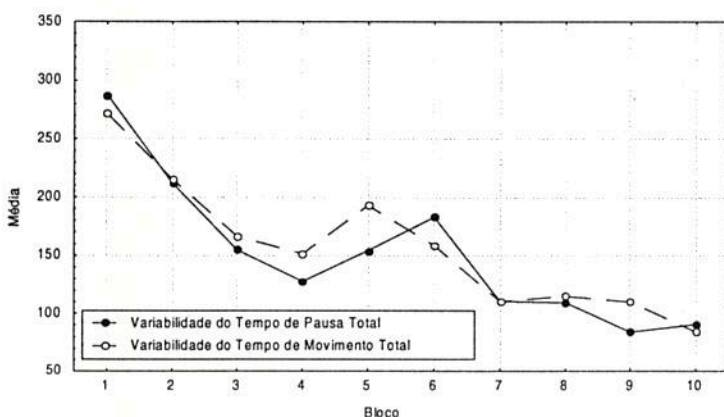


Medidas de micro-estrutura

A variabilidade da micro-estrutura mostrou um declínio acentuado nos primeiros dois dias. Outro declínio ocorreu do terceiro dia para os últimos dois dias de prática. Esse padrão foi similar para o tempo total de movimento (Figura 4). A condução de ANOVA *one way* indicou que a diminuição da variabilidade foi significativa para o tempo total de pausa ($F[9,60]=5,534$, $p < .05$) e para o tempo total de movimento ($F[9,60]=7,595$, $p < .05$). A análise *post hoc* usando o teste de *Tuckey* para o tempo total de pausa mostrou que diferenças significativas ocorreram entre bloco 1 e blocos 4, 5, 7, 8, 9 e 10 ($p < .05$), entre blocos 2 e 9 ($p < .05$). No tempo total de movimento, a análise *post hoc* com o teste de *Tuckey* detectou diferenças significativas entre o bloco 1 e todos os blocos com exceção do segun-

do e quinto blocos ($p < .05$), entre o bloco 2 e os blocos 7, 8, 9 e 10 ($p < .05$), entre os blocos 5 e 10 ($p < .05$).

FIGURA 4 - Variabilidade média do tempo total de movimento e tempo total de pausa por blocos de 70 tentativas (Micro-estrutura).



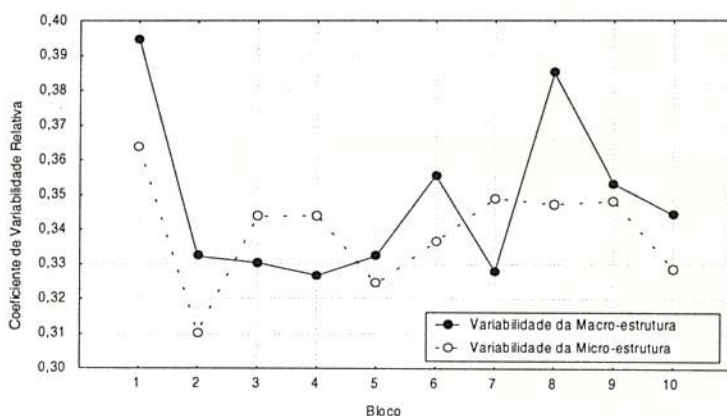
Relação entre macro e micro-estruturas

A dinâmica da formação de padrão na aquisição de habilidades motoras pode ser apreciada pelo acompanhamento da evolução da macro e micro-estruturas do programa de ação. Espera-se que a estabilidade esteja associada a uma maior consistência da macro-estrutura enquanto a micro-estrutura seria mais variável. Na figura 5, podemos ver que o coeficiente de variabilidade relativa diminui drasticamente em ambas as estruturas durante o primeiro dia de prática (blocos 1 e 2). No segundo dia, a micro-estrutura mostra maior variabilidade do que a macro-estrutura, como seria esperado.

Entretanto, enquanto a variabilidade da micro-estrutura mostrou um padrão equilibrado até o final da prática, a macro-estrutura do programa flutuou tornando-se mais variável do que a micro-estrutura em alguns momentos da prática. Os resultados dos primeiros dois dias estão em acordo com as previsões feitas anteriormente e com os estudos prévios (TANI; CONNOLLY; MANOEL, 2000). O resultado inesperado refere-se ao comportamento da macro-estrutura. É interessante notar que o desempenho global apresenta um plateau nos momentos de flutuação da macro-estrutura, indicando que essa variabilidade não prejudicou a habilidade. Manoel e Connolly (1995) propuseram que as relações macro-micro podem

ser vistas entre a intenção e os objetivos (macro-estrutura) e os meios para operacionalizar essa intenção (micro-estrutura). No presente estudo, a variação da estrutura temporal da ação (característica macroscópica do programa) pode ser interpretada como uma forma de “brincadeira” em que o indivíduo se engaja posto que a essa altura ele atingiu um estado com grande redundância. Nesse sentido, o indivíduo estaria mostrando diferentes formas de organizar temporalmente sua ação, i.e. com diferentes meios para alcançar o mesmo fim. É importante ressaltar que esse garoto tinha alguma experiência com a tarefa. Isso é expresso no fato de que o sequenciamento da ação, i.e. a ordem em que os traços eram efetuados, permaneceu inalterada durante toda a prática. Portanto, para esse indivíduo, a aprendizagem consistiu em achar um estrutura temporal particular para a ação (até o 2º. dia). Uma vez que essa estrutura foi estabelecida, ele experimentou variações na mesma. Esse foi um tipo de variabilidade que esteve longe de ser um ruído para o sistema. O fato do desempenho global permanecer estável dá suporte para a idéia de que a variabilidade macro demonstrada seja de cunho funcional. Haveria, então, dois passos na aquisição de habilidades. Primeiro, a variabilidade diminui tanto na macro como na micro-estrutura, o que é seguido por aumento ou manutenção da variabilidade na micro-estrutura. Em ambos os casos, haveria uma associação com a melhoria acentuada do desempenho global. Segundo, com o grande acúmulo de prática na tarefa haveria uma estabilidade que se sustenta com aumentos de variabilidade na própria macro-estrutura.

FIGURA 5 - Coeficiente de variabilidade relativa na macro-estrutura e micro-estrutura por blocos de 70 tentativas.



Evidentemente essa interpretação deve ser ponderada e tomada com muito cuidado visto estarmos tratando dos dados de um estudo de caso. Entretanto, os resultados da primeira parte do experimento estão de acordo com os encontrados em outro estudo conduzido recentemente. Nesse estudo, os sujeitos tiveram 280 tentativas na mesma tarefa (FREUDENHEIM; MANOEL, 2000). Os participantes tiveram que lidar com perturbações em alguns blocos por meio da inclusão de ruídos na tarefa. Os resultados ofereceram evidências de que estabilidade do desempenho dependeu da estabilidade da macro-estrutura. Seria interessante se nós tivéssemos perturbado o nosso indivíduo no quarto e quinto dia de prática. Será que a macro-estrutura seria restringida, mostrando menos variabilidade de forma a lidar com o desafio imposto? Essa é uma questão que permanece para ser respondida. Como é conhecido a regularidade das variáveis temporais está ligada ao comportamento habilidoso nas habilidades gráficas (CF. VAN GALEN, 1991; VIVIANI; TERZUOLO, 1980; VIVIANI, 1986; WANN, 1986; WANN; JONES, 1986). Recentemente, Longstaff & Heath (1997) mostraram que a fluência e precisão dos traços apresentados por adultos está associada com a consistência temporal. Wright (1990) e Lindermann & Wright (1998) encontraram que a invariância do *timing* relativo é característica definidora na representação mental de habilidades gráficas. Considerando que o nosso indivíduo tinha alguma experiência com a tarefa, ele pode ter se sentido confiante para explorar o que para ele eram programas bem conhecidos. Assim, temos fortes razões para achar que essa variabilidade não foi devida a descuidos de atenção resultantes da grande quantidade de prática. Ao contrário, essa variabilidade pode ser fonte essencial para o aumento de complexidade nas ações habilidosas. Quando a variabilidade está presente no desempenho ela é indicadora de instabilidade no sistema (cf. ZANONE; KELSO; JEKKA, 1993), no entanto, ela reflete também os graus de liberdade que podem ser explorados na busca de soluções (BERNSTEIN, 1967; KOESTLER, 1969; MANOEL, 1993; MANOEL; CONNOLLY, 1995, 1997; NEWELL; CORCOS, 1993; SPORNS; EDELMAN, 1993).

Conclusão

Variabilidade é um ponto de grande controvérsia no comportamento motor. Ela pode resultar de diferentes fontes e sua mensuração não é tarefa trivial (NEWELL; SLIFKIN, 1998). Manoel e Connolly (1995) propuseram uma taxionomia na qual dois tipos de variabilidade são definidos: variabilidade de erro e variabilidade funcional. A variabilidade de erro é inerente ao sistema e não pode ser dominada. Já a variabilidade funcional resulta da redundância do sistema obtida pelos processos de aprendizagem e desenvolvimento. Ela está atrelada à formação de programas de ação

flexíveis, organizados em macro e micro-estruturas. Pode ser que as duas formas de variabilidade estejam associadas. Vale ressaltar que a distinção entre macro e micro-estruturas é relativa, ela depende do foco de análise. Nós colocamos o foco no nível abstrato da habilidade, aquele em que intenção e objetivo, meios e fins, são relacionados (cf. CONNOLLY, 1975; JEANNEROD, 1994, 1996; REQUIN, 1992). Nesse sentido, a variabilidade da micro-estrutura está inserida na variabilidade inerente do sistema, levando uma inevitável dependência entre variabilidade de erro e funcional.

Para um sistema estável se adaptar às situações torna-se crucial que ele apresente variabilidade. Isso não significa só a necessidade de aumentos quantitativos de variabilidade, mas uma maior capacidade do sistema explorar essa redundância (MANOEL, 1993; MANOEL; CONNOLLY, 1995). Ultimamente, diferentes autores tem chegado a conclusões similares na aprendizagem motora (e.g. VEREIJKEN et al., 1992; ZANONE, KELSO; JEKKA, 1993) e no desenvolvimento motor (e.g. ADOLPH, 1998; THELEN, et al., 1993). Durante muito tempo, a variabilidade foi vista como a vilã do comportamento habilidoso, mas isso já passou. A concepção de um programa de ação apresentada neste trabalho tenta contemplar uma representação onde consistência e variabilidade são reconciliadas.

Dentro dos limites de um estudo de caso, nós gostaríamos de defender que os resultados aqui descritos indicam a necessidade de novos estudos usando o mesmo referencial teórico e com delineamento experimental similar. Seria interessante verificar como os indivíduos com extensa prática na tarefa iriam reagir a perturbações selecionadas, paramétricas e estruturais. Isso poderia fornecer novos subsídios para a idéia de que com a experiência motora abstraímos relações representadas num programa de ação hierarquicamente organizado.

Agradecimentos

A Kevin Connolly pelas inúmeras discussões que ajudaram a iluminar as idéias expressas aqui, a Peter Furness pela sua competência em desenvolver o software e o hardware necessários para a condução do experimento e finalmente para José de Oliveira Siqueira pelo seu sólido suporte nas questões estatísticas. Ressaltamos, no entanto, que todas as imprecisões e os erros aqui presentes são de nossa inteira responsabilidade.

Referências

ADAMS, J. A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, v.3, p. 111-50, 1971.

- ADOLPH, P. E. Learning in the development of infant locomotion. *Monograph of the Society for Research in Child Development*, v. 257, n. 62, p. 3, 1998.
- BERNSTEIN, N. *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Oxford University Press, 1967.
- CHOSHI, K.; TANI, G. Stable systems and adaptive systems in motor learning. In: JAPANESE ASSOCIATION OF BIOMECHANICS. *The science of movement V*. Tokio: Kyorin, 1983, p. 346-351.
- COLLEY, A. M. Cognitive motor skills. In: HOLDING, D.H. (Ed.). *Human skills*. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1989, p. 229-248.
- CONNOLLY, K. J. Factors influencing the learning of manual skills by young children. In: R. HINDE, R.; STEVENSON- HINDE, J. (Ed.). *Constraints on learning*. London: Academic Press, 1973, p. 337-363.
- _____. Movement, action and skill. In: HOLT, K. S. (Ed.), *Movement and child development*. London: Heinemann, 1975, p. 102-110.
- CONNOLLY, K. J.; DALGLEISH, M. The emergence of a tool using skill in infancy. *Developmental Psychology*, n. 25, p. 894-912, 1989.
- EISENHAUER, J. G. A measure of relative dispersion. *Teaching Statistics*, v. 14, n. 2, p. 37-39, 1993.
- FITTS, P. M.; POSNER, M. I. *Human performance*. Belmont: Brooks & Cole Pbs, 1967.
- FREUDENHEIM, A. M.; MANOEL, E. J. *Stability and pattern formation in motor skill acquisition*, 2000. (Paper submitted to publication).
- JEANNEROD, M. The representing brain: neural correlates of motor intention and imaginary. *Behavioral and Brain Sciences*, n. 17, p. 187-245, 1994.
- _____. *Cognitive neuroscience of action*. Cambridge: The MIT Press, 1996.
- KEELE, S. W. Behavioral analysis of movement. In: BROOKS, V. B. (Ed.) *Handbook of physiology: the nervous system*. Baltimore: American Physiological Society, p. 1391-1414, 1981. (v. 2 Motor Control).
- KEELE, S. W.; COHEN, A.; IVRY, R. Motor programs: concepts and issues. In: JEANNEROD, M. (Ed.) *Attention and performance VIII*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1990, p. 77-110.
- KELSO, J. A. S. *Dynamic patterns*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995.
- KOESTLER, A. Beyond atomism and holism: the concept of holon. In: KOESTLER, A.; SMYTHIES, J. R. (Ed.) *Beyond reductionism*. London: Hutchinson, 1969 p.192-232.
- LEE, D.; LISHMAN, J. R.; THOMSON, T. A. Regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, n. 8, p. 448-459, 1984.
- LINDERMANN, P. G.; WRIGHT, C. E. Skill acquisition and plans for actions: Learning to write with your other hand. In: SCARBOROUGH, D.; STERNBERG, S. (Ed.). *Methods: models, and conceptual issues: an invitation to cognitive science*. Cambridge, MA: The MIT Press. v.4., p. 346-351, 1998.

- LONGSTAFF, M. G.; HEATH, R. A. Space-time invariance in adult handwriting. *Acta Psychologica*, n. 97, p. 201-214, 1997.
- MACKAY, D. G. The problems of flexibility, fluency, and speed-accuracy trade-off in skilled behavior. *Psychological Review*, v. 89, n. 5, p. 483-506, 1982.
- MANOEL, E. J. *Adaptive control and variability in the development of skilled actions*. Doctoral Thesis. Sheffield: University of Sheffield, 1993.
- MANOEL, E. J.; CONNOLLY, K. J. Macro-structure and micro-structure in the development of skilled actions. *Proceedings of the British Psychological Society*, v. 2, n. 1, p. 48, 1994.
- _____. Variability and the development of skilled actions. *International Journal of Psychophysiology*, n. 19, p. 129-147, 1995.
- _____. Variability and stability in the development of skilled actions. In: CONNOLLY, K.J.; FORSSBERG, H., (Ed.) *Neurophysiology & neuropsychology of motor development*. London: Mac Keith Press and Cambridge University Press, 1997, v. 14, p. 286-318.
- _____. The development of manual dexterity in young children. In: CONNOLLY, K. J. (Ed.) *The psychobiology of the hand*. London: Mac Keith Press and Cambridge University Press, 1998. p. 177-198.
- NEWELL, K. M.; SLIFKIN, A.B. The nature of movement variability. In: PIEK, J. P. (Ed.), *Motor behavior and human skill: a multidisciplinary perspective*. Champaign: Human Kinetics, 1998. p. 143-160.
- NEWELL, K.M.; CORCOS, D. (Ed.) *Variability and motor control*. Champaign: Human Kinetics, 1993.
- PEW, R.W. A distributed processing view of human motor control. In: PRINZ, W.; SANDERS, A.F. (Eds.) *Cognition and motor processes*. Berlin: Springer-Verlag, 1984, p. 19-27.
- REQUIN, J. From action representation to movement control. In: STELMACH, G.E.; REQUIN, J. (Ed.) *Tutorials in motor behavior II*. Amsterdam: North Holland, 1992. p. 333-345.
- ROSENBAUM, D. A.; KENNY, S.; DERR, M. A. Hierarchical control of rapid movement sequences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, n. 9, p. 86-102, 1983.
- SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, v. 4, v. 82, p. 225-60, 1975.
- SCHÖNNER, G. Dynamic theory of action perception patterns: the time before contact paradigm. *Human Movement Science*, n. 13, p. 415-440, 1994.
- SPORNS, O.; EDELMAN, G. Solving Bernstein's problem: a proposal for the development of coordinated movement by selection. *Child Development*, n. 64, p. 960-981, 1993.
- TANI, G. *Adaptive process in perceptual-motor learning*. 1982. Thesis (Doctoral) - Hiroshima University, Hiroshima.
- _____. *Hierarchical organization of an action programme in the acquisition of a graphic skill*. Sheffield: Department of Psychology, University of Sheffield, 1995. (Technical Report).

TANI, G.; CONNOLLY, K. J.; MANOEL, E. J. Sistema antecipatório e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora seriada de rastreamento.= Anticipatory system and adaptive process in the acquisition of a serial tracking motor skill. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 20, 1996, São Caetano do Sul. *Anais...* São Paulo: Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul, 1996. p. 91.

_____. *Hierarchical organisation of an action programme: pattern formation in the acquisition of a graphic skill*, 2000. (Submitted to Publication).

THELEN, E., et. al. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Development*, n. 64, p. 1058-1098, 1993.

THELEN, E.; SMITH, L. *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1994.

TINBERGEN, N. *The study of instinct*. Oxford: Oxford University Press, 1951.

TURVEY, M. I. Coordination. *American Psychologist*, n. 45, p. 938-953, 1990.

VAN DER MASS, H. L. D.; HOPKINS, B. Developmental transitions: So what's new? *British Journal of Developmental Psychology*, n. 16, p. 1-13, 1998.

VAN GALEN, G. P. Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science*, n. 10, p. 165-191, 1991.

VEREIJKEN, B. et al. Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, v. 24, p. 133-142, 1992.

VIVIANI, P. Do units of motor action really exist? In: HEUER, H.; FROMM, C. (Ed.) *Generation and modulation of action patterns*. Berlin: Springer Verlag, 1986, p. 201-216.

VIVIANI, P.; TERZUOLO, C. Space-time invariance in learned motor behavior. In: STELMACH, G.; REQUIN, J. (Ed.) *Tutorials of motor behavior*. Amsterdam: North Holland, 1980, p. 525-533.

WANN, J. Handwriting disturbances: developmental trends. In: WRITING, H. T. A.; WADE, M.G. (Ed.). *Themes in motor development*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 207-223.

WANN, J. P.; JONES, J. G. Space-time invariance in handwriting: contrasts between primary school children displaying advanced or retarded handwriting acquisition. *Human Movement Science*, n. 5, p. 275-296, 1986.

WEISS, P. A. Self-differentiation of basic patterns of co-ordination. *Comparative Psychological Society*, n. 2, p. 1-48, 1941.

_____. Living systems: determinism stratified. In: KOESTLER, A.; SMYTHIES, J.R. (Ed.) *Beyond reductionism*. London: Hutchinson, 1969 p. 3-55.

WRIGHT, C. A. Generalized motor programme: Reexamining claims of affection independence in writing. In: M. JEANNEROD, M. (Ed.) *Attention and performance XIII*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1990. p. 294-316.

ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Learning and transfer as dynamical paradigms for behavioral changes. In: STELMACH, G. E.; REQUIN, J. (Ed.) *Tutorials in motor behaviour II*. Amsterdam: North Holland, 1992. p. 563-582.

ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Coordination dynamics of learning and transfer: collective and component levels. *Journal of Experimental Psychology: human perception and performance*, v. 23, n. 5, 1997, p. 1454-1480.

ZANONE, P.; KELSO, J. A. S.; JEKKA, J. Concepts and methods for a dynamical approach to behavioral coordination and change. In: SAVELSBERGH, G. J. P. (Ed.) *The development of coordination in infancy*. Amsterdam: North Holland, 1993. p. 89-135.

A CIÊNCIA COGNITIVA E A ARTE
DE MODELAGEM

O PAPEL DOS MODELOS NA CIÊNCIA COGNITIVA

Luiz Carlos BEGOSSO¹

Introdução

O computador eletrônico foi um dos maiores inventos produzidos neste século. Estudos que levaram a essa prodigiosa invenção datam das primeiras décadas do século XIX, como os do matemático inglês Charles Babbage, que projetou a *máquina analítica*. Esta máquina executava as quatro operações aritméticas, possuía um dispositivo de armazenamento de dados e executava a impressão dos mesmos (BRETON, 1991).

Também não são recentes os esforços que tentam explicar o pensamento humano, desde os estados mais primitivos da intenção ou propósito da comunicação até a expressão de uma idéia ou um símbolo.

Nesse artigo, interessa-nos discutir o papel dos modelos na Ciência Cognitiva, porém se faz necessário definir o que seja um *modelo* ou, de outro modo, identificá-lo no domínio científico. Estudaremos a tentativa de modelização da mente com o trabalho proposto por Alan Mathison Turing (1973).

Modelos

Nesse estudo sobre modelos, fazemos referência à mente e ao cérebro, os quais são tratados, pelos filósofos materialistas, como sinônimos. Dada a complexidade do estudo da mente, descontextualizaremos, na Ciência Cognitiva, fatores emocionais e atitudes subjetivas e culturais, enfatizando, principalmente, o conceito de representação mental.

De acordo com Gardner (1995), na década de 40, com a realização do Simpósio Hixon, os estudos relacionados às Representações Mentais (RM) tiveram um avanço significativo. Segundo esse autor, o psicólogo Karl Lashley apresentou a idéia de que as Representações Mentais existem e fazem parte de um processo evolutivo da comunicação humana. Para Lashley, os novos estudos sobre as RM deveriam descartar a posição comportamentalista que tratava a mente humana como uma *caixa-preta*. Os comportamentalistas (ou behavioristas) acreditavam que expressões cognitivas surgiam de *fora para dentro*, ou seja, o indivíduo era estimulado a se comportar de alguma maneira conforme o ambiente o estimulava a

¹ IMESA/FEMA - Assis - SP. E-mail: lbegosso@femanet.com.br

agir. Os estudiosos interessados nessa ciência eram estimulados a apresentarem resultados quantitativos e qualitativos dos seus experimentos. Entendia-se como estudo behaviorista aquele que pudesse ser aplicado e verificado por qualquer outro cientista. O behaviorismo descartou o introspeccionismo e o subjetivismo. Temas como pensamento, mente e imaginação não deveriam compor objetos de estudo para os comportamentalistas. Fenômenos internos, mentais e não-observáveis diretamente deveriam ser, segundo esses estudiosos, desconsiderados. O abandono do paradigma da *caixa-preta* trouxe à tona as discussões filosóficas e psicológicas referentes ao cérebro e à mente humana.

Os primeiros computadores surgiram nas décadas de 40-50 e, para uma boa parte dos cientistas da época, a invenção não era muito confiável. Apesar disso, alguns deles chamaram a atenção para o paralelo existente entre os símbolos utilizados pelo homem na comunicação e os sistemas simbólicos utilizados pelo computador para processar informação.

Segundo Dupuy (1996, p. 45), podemos dizer que a Ciência Cognitiva tem suas raízes no ano de 1943, com a publicação de dois artigos: o primeiro, de autoria de Rosemblyeth, Wiener e Bigelow, que introduz o conceito de *feedback* descrito "...como um retorno da energia do output sobre o input". Esse conceito traduz a observação do comportamento de um sistema a partir do meio ambiente em que ele está inserido. A saída produzida pelo sistema, quando interage com o ambiente, poderá produzir mudanças na entrada, modificando o comportamento do sistema, no caso o ser humano.

O que difere tal visão da visão comportamentalista é a inclusão da noção de *feedback circular*, que dá uma certa *ação* ao objeto em estudo. O sistema não responde à entrada simplesmente com uma resposta frágil e automática, mas, sim, de acordo com a saída é capaz de mudar a relação recebida entre a entrada e a saída.

O segundo artigo, de grande impacto no estudo da mente, de autoria de McCulloch e Pitts (1943), procura buscar formas lógicas e matemáticas para as questões relacionadas ao comportamento inteligente.

McCulloch e Pitts mostraram, segundo Gardner (1995), que as conexões entre as células nervosas (uma rede neural biológica) e suas operações podem ser modeladas em termos da lógica: os neurônios poderiam ser comparados aos enunciados lógicos e as operações dos impulsos (ou não impulsos) poderiam ser o cálculo proposicional. Assim, tal modelo permitia que se pensasse num neurônio ativado e ativando outros neurônios, da mesma forma que uma proposição lógica pode implicar outras proposições. A analogia entre células nervosas e circuitos lógicos pode ser conside-

rada em termos de impulsos elétricos que passam (ou não) num determinado circuito. Um conjunto de circuitos lógicos (“neurônios”) pode então formar o que ficou conhecido, mais tarde, como Rede Neural Artificial, e que hoje é utilizada na técnica de modelagem da Ciência Cognitiva.

Dupuy (1996, p.23) apresenta uma discussão sobre modelos e indica que o modelo

[...] é como uma forma abstrata que vem encarnar-se ou realizar-se nos fenômenos... O modelo científico é uma imitação humana da natureza que o cientista logo toma como ‘modelo’ - no sentido comum - desta.

O cientista, ao lidar com fatos do mundo material, tenta entender o fenômeno natural, de maneira que possa ter controle sobre a situação. Os modelos têm garantido esse controle explicativo e preditivo, e a matemática constitui-se numa poderosa ferramenta capaz de auxiliá-lo na sua construção. As simulações² feitas sobre o modelo traduzem as idéias de analogia, com o mundo real, em que o cientista impõe as diversas formas de modelização. Os modelos têm vida e estrutura próprias que se distanciam da realidade formal. O cientista projeta sua mente no mundo real durante a atividade da modelização. Tais fatos de simulação científica parecem sugerir que “a mente é ao mesmo tempo distinta da matéria e adequada a ela” (DUPUY, 1996, p. 25). A mente não pode produzir a própria mente, e a consciência não se faz por si mesma. Para que a mente conheça a própria mente, sendo ela capaz de criar um modelo de si mesma, será preciso que novas descobertas lógicas questionem tal manipulação. Parece-nos, pois, que o que está embutido no projeto científico do conhecimento é a produção (ou reprodução) de modelos de um fato, de tal modo que a representação da realidade possa ser feita através de repetição e de simulações.

Sob a luz de um dos aspectos que caracteriza a Ciência Cognitiva, *o computador pode servir como um modelo que ilustra o funcionamento do pensamento humano*, e como instrumento capaz de testar a eficiência desse modelo como sendo relevante para o entendimento da mente humana.

A modelização da mente ganhou força com o trabalho de Alan Turing denominado de Máquina Universal. De maneira bastante simplificada, podemos resumir a Máquina Universal como sendo uma máquina teórica que, metaforicamente, pode ser descrita como consistindo de uma fita e uma *cabeça* de leitura e escrita, que *obedece* aos comandos de um algoritmo. A fita é infinita (para a esquerda e para a direita) e unidimensional, e é dividida em uma sequência de quadrados, cada um capaz de conter símbo-

² No contexto científico, segundo Dupuy (1996), a simulação é um caso particular de modelização e consiste em reproduzir as funções de um sistema no computador.

los de um alfabeto β . Para efeito de ilustração, podemos considerar o alfabeto $\beta = \{0,1\}$.

A *cabeça* de leitura/escrita é um dispositivo que a cada momento está visualizando um único quadrado da fita e obedece a uma das instruções do programa, seqüencialmente.

A fita, apesar de ser conceitualmente infinita em comprimento, conterá um número finito de quadrados não vazios. Então, ela pode ser descrita de uma maneira finita, e a parte não vazia pode crescer ou diminuir durante a computação. As *ações* da máquina são determinadas pelo seu programa (algoritmo).

Segundo Dupuy (1996, p.28), o objetivo de Turing, quando apresentou seu trabalho, era resolver um problema proposto por Hilbert, o *problema da decisão*, que pode ser assim enunciado: “dada uma fórmula qualquer do cálculo de predicados, existe um procedimento sistemático, geral, efetivo, que permita determinar se essa fórmula é demonstrável ou não?”. Os estudos de Turing mostraram que toda função calculável de maneira mecânica é calculável por uma máquina de Turing, ou seja, que uma máquina de Turing pode modelizar qualquer função computável.

Turing (1973) afirma que os computadores digitais podem imitar, de modo muito aproximado, as ações do que ele chamou de *computador humano*. O computador humano deve seguir regras fixas, pré-definidas, e não tem poder para questioná-las ou desviar-se delas. Tal situação nos leva a refletir se uma máquina é capaz de realizar somente aquilo que lhe fora ordenado a executar. Nesse mesmo artigo, Turing descreve as objeções de Lady Lovelace, em relação ao seu trabalho, que enfatiza o fato de as máquinas realizarem apenas o que lhes ordenamos. Lady Lovelace afirma que a máquina não pode produzir nada de novo e que esta jamais pode nos pegar de surpresa. Turing rebate a primeira afirmação, perguntando sobre quem poderá garantir que a obra produzida por Lovelace não foi fruto de um amadurecimento de idéias. Tal obra não poderá ser única, no sentido de ter concebido apenas uma idéia, sem sucessivas reflexões. Nesse sentido, tal obra também não nos pegaria de surpresa, uma vez que se apóia em idéias bem conhecidas.

A segunda reflexão é tomada por Turing (1973, p. 71) como um descuido de Lovelace: “[...] a máquina jamais pode nos pegar de surpresa”. Pelo contrário, diz ele, muitas vezes executamos algumas operações, apressadamente, sem nos preocupar com o rigor necessário àquela situação, enquanto a máquina nos surpreenderá com tal resolução adequada. O autor questiona tais reflexões, fazendo as seguintes analogias: se um homem pudesse colocar uma idéia numa máquina, esta responderia e retornaria

ao seu estado inicial de imobilidade, como um martelo acionando a corda de um piano, ou uma idéia inserida numa pilha atômica corresponderá a um neutron entrante na pilha. Esse neutron poderá causar tamanha perturbação, reagindo em cadeia, excitando outros neutrons e por fim toda a pilha estará ativada em função da excitação inicial, provocando a destruição da pilha.

Turing pergunta se existe um fenômeno para máquinas e outro para mentes. Ele responde, em seguida, que existe um mecanismo para a mente, capaz de, a partir de uma idéia, produzir uma teoria e encadeando uma série de outras idéias simples ou complexas. Para o fenômeno da inteligência na máquina, Turing diz que o problema é principalmente de programação e, em segundo plano, tecnologia que permita mais avanços nessa área. Cerca de 10^{10} a 10^{15} bits apontam para a capacidade de memória do cérebro. Porém, apenas uma pequena parte desse volume é realmente utilizada por nós e, desta porção em uso, armazenamos impressões visuais.

Para Turing, na tentativa de imitar a mente humana, encontramos algumas máquinas que trabalham cerca de 1000 vezes mais velozes que as células nervosas e devemos, então, refletir acerca de três importantes aspectos:

- a) No nascimento, o estado inicial da mente;
- b) A educação recebida;
- c) Experiência à qual a mente foi submetida, não considerada como educação.

Em se tratando da mente, no seu estado inicial, poderíamos tentar simular numa máquina essa situação de mente infantil, ao invés de nos concentrarmos num programa que simule a mente adulta. O autor prossegue fazendo uma analogia da mente de uma criança com um caderno novo: o caderno tem muitas folhas em branco e pouco mecanismo (que seria a educação da criança). Dessa forma, o problema de simular a mente humana - de uma criança - estaria dividido em duas partes intimamente ligadas: a construção do programa infantil e o processo de educação. No início, não se deve esperar uma boa máquina-criança, ao contrário, deve-se ensiná-la repetidas vezes e esperar por seu melhor comportamento. Ensinar uma outra máquina-criança é uma boa estratégia para poder comparar o desempenho das duas máquinas. Turing (1973, p. 78) descreve três aspectos que devemos considerar ao treinarmos uma máquina-criança:

- estrutura da máquina- criança = material hereditário
- mudanças na máquina- criança = mutação
- seleção natural = juízo do experimentador.

O experimentador, utilizando-se de sua própria inteligência, poderá identificar algum problema na educação da máquina-criança, produzindo mudanças de modo a corrigir o seu comportamento e indicar qual dos dois modelos estará em melhores condições de aprendizado.

Turing sugere que, para que a máquina-criança efetivamente aprenda, podemos programá-la considerando tais questões (de punição e recompensa): quando alguma situação levar a máquina-criança ao erro, imediatamente, após esse fato, deve-se repreendê-la de tal forma que isso não se repita. De outro modo, reforçar a situação para que ela ocorra com mais frequência, caso não inclua erros. Ele enfatiza que o uso de punições e recompensas³ não pressupõe quaisquer fatores emotivos, e constitui uma parte importante do processo ensino-aprendizagem. Dessa forma, a linguagem utilizada para transmitir as punições, recompensas e as ordens dadas à máquina-criança, poderia ser do tipo simbólico, através de um canal não emotivo.

Neste ponto, é necessário refletirmos sobre as proposições formuladas por Turing. Ao enveredar por caminhos da educação infantil e, analogamente, da educação da máquina-criança, Turing espera dotar de inteligência humana um computador digital. Para isso, ele propõe a utilização de regras simbólicas, as quais chama de mudanças de comportamento na máquina-criança. Por punição e recompensa podemos entender os diversos tipos de ajustes na programação computacional.

A programação da máquina-criança pode ser composta de um sistema de inferência lógica: definições e proposições. As proposições, como o próprio Turing (1973, p.79) sugere, podem ser

[...] fatos bem estabelecidos, conjecturas, teoremas matemáticos demonstrados, enunciados de autoridade, expressões que tenham a forma lógica de proposição mas não de valor de crença. Certas proposições podem ser descritas como imperativas.

Para ele, a construção da máquina-criança deve prever que tão logo encontre um imperativo, este deva ser executado imediatamente. O imperativo deve fazer o papel daquele que impõe uma certa hierarquia entre as regras a serem executadas, pois, quando se utiliza o sistema lógico, existe um grande número de caminhos para serem seguidos e a diferença se faz pela escolha do caminho mais apropriado. Algumas proposições podem ser dadas às máquinas como autoridade ou a própria máquina pode produzi-las por indução.

³ Punição e recompensa, neste caso, aplicados à máquina-criança, podem ser valorizados através de uma linguagem simbólica interpretada pela máquina, atribuindo pontos positivos a situações de acerto e pontos negativos a situações de erro ou indesejáveis.

Devemos refletir sobre as seguintes questões: desejamos construir uma máquina que seja inteligente ou apenas que simule alguns aspectos inteligentes? Como pode uma máquina aprender ou produzir qualquer outra ação, se as regras embutidas nela são imutáveis? Turing (1973, p.81) escreve: “A explicação do paradoxo está em que as regras que mudam, nos processos de aprendizagem, são de caráter menos pretensioso, aspiram apenas a uma validade efêmera”.

Para Turing, o professor da máquina-criança pode, até certo ponto, prever o seu comportamento, apesar de ignorar o que se passa em seu interior. A atitude inteligente é aquela que promove um pequeno desvio de comportamento disciplinado, que resulta em computação, porém não sendo aleatório e sem objetivo. A aleatoriedade é um elemento bastante útil na resolução de problemas, e pode ser um fator muito interessante para ser incluída na máquina que está aprendendo, ao passo que o método sistemático sequencial não se traduz numa boa escolha, pois podemos experimentar um grande leque de situações em que não exista a solução desejada.

O processo de ensino-aprendizagem pode ser considerado como uma busca de mudança de comportamento da máquina, que satisfaça ao instrutor, ou algum outro critério. Esse processo, ao ser modelado por uma máquina, estará sendo apresentado como um candidato à explicação do comportamento inteligente. É justamente a técnica de elaboração de modelos, como a ilustrada acima, que interessa à Ciência Cognitiva.

Em resumo, a construção de modelos tem desempenhado um papel muito importante para a ciência, e mais precisamente para a Ciência Cognitiva. Nesse caso, o objeto de estudo é a mente e não se conhece outra maneira de estudá-la a não ser construindo modelos.

Conclusão

Duas posições relacionadas à modelização da mente se contrapõem: a primeira, com o trabalho de McCulloch e Pitts (1943) mostrando que as conexões entre as células nervosas poderiam ser modeladas em termos da lógica e das operações de impulsos e não-impulsos, que poderiam ser comparadas às operações do cálculo proposicional. Dessa forma, podemos afirmar que a mente e o cérebro teriam a mesma caracterização, para os dois autores. A segunda, no trabalho apresentado por Turing, em 1950, em que ele propõe *ensinar* uma máquina, como se estivesse ensinando uma criança, considerando apenas:

- o estado inicial da mente, no nascimento;

- a educação recebida;
- a experiência à qual a mente foi submetida.

Para Turing, o processo de ensino da máquina-criança não tem por objetivo concretizar ações por parte da máquina e sim dotá-la de uma certa inteligência, de modo que possa simular alguns aspectos da mente humana. Segundo o autor, mente e cérebro apresentam aspectos distintos: no estudo da inteligência, apenas o seu substrato lógico, imaterial, é relevante.

Nesse artigo, nos fixamos essencialmente na proposta de Turing, entretanto sabemos que outras abordagens também tratam de processos de aprendizagem e treinamento, entre elas as Redes Neurais Artificiais.

Julgamos que as propostas envolvidas aqui devam contribuir para a tentativa de modelização da mente, porém percebemos que o terreno para essas discussões é fértil e necessita de mais trabalhadores e idéias para lavrá-lo em toda sua extensão.

Referências

- BRETON, P. *História da informática*. São Paulo: Ed. Unesp, 1991.
- DUPUY, J. P. *Nas origens das ciências cognitivas*. São Paulo: Ed. Unesp, 1996.
- GARDNER, H. *A nova ciência da mente: uma história da revolução cognitiva*. São Paulo: Edusp, 1995.
- MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v. 5, p. 115-33, 1943.
- TURING, A. M. Computadores e inteligência. In: EPSTEIN, I. (Org.). *Cibernética e comunicação*. São Paulo: Cultrix, 1973. p. 45-82.

A EXPERIÊNCIA E A DEDUÇÃO NO CONHECIMENTO FÍSICO: CONSTRUÇÃO DA NOÇÃO FÍSICA DE CONSERVAÇÃO E DO ATOMISMO

Adrian Oscar Dongo MONTÓYA¹

Existem princípios de conservação especificamente lógicos e matemáticos, sem relação imediata com os invariantes físicos. Assim, um conjunto ou um número se conservam, independentemente das operações realizadas com seus elementos, e um grupo algébrico ou geométrico possui propriedades que permanecem invariantes no curso das transformações. Enquanto que tais formas de conservação concernem unicamente aos processos dedutivos, as constâncias físicas concernem, em troca, às propriedades do objeto que vão além das estruturas formais lógico-matemáticas.

A importância que coloca o estudo das noções físicas de conservação e atomismo encontra-se no ensinamento que nos possa dar sobre a especificidade do funcionamento do conhecimento físico enquanto união indissociável entre a experiência e a dedução, e sobre as relações entre o pensamento físico e o pensamento lógico-matemático enquanto pensamento puramente dedutivo.

Com efeito, o conhecimento lógico e aritmético diz respeito de formas que se aplicam a objetos independentemente das suas condições espaço- temporais. E a pesquisa psicogenética mostra que essas formas são retiradas da própria atividade coordenadora do sujeito e não das propriedades dos objetos. O número, assim, é essencialmente uma estrutura que se constitui como síntese das ações de ordenar diferenças (serie) e de inserir objetos em conjuntos de encaixes hierárquicos (classe), de estabelecer correspondências termo a termo entre os objetos discretos. O conhecimento físico, contrariamente, diz respeito às propriedades dos objetos enquanto tais, o que significa o compromisso com os objetos inseridos em relações espaço-temporais e causais.

Noutros termos, as classes e as séries constituem atividades do sujeito sobre os objetos individuais e supostos como invariantes e, por isso, essas atividades são independentes das condições espaço-temporais e causais nas quais as transformações dos objetos acontecem. Contrariamente, quando os sujeitos reúnem e/ou ordenam partes da matéria por exemplo, e isso pela ação material ou pelo pensamento, eles compõem relações de

¹ Departamento de Psicologia da Educação - Faculdade de Filosofia e Ciências - Unesp - Campus de Marília - SP. E-mail: adrian@wnet.com.br

parte e de todo, exatamente com se se tratasse de elementos individuais, mas o todo (como no caso da transformação da bolinha de barro) não é mais aqui um conjunto simplesmente mas sim um objeto individual e para conhece-lo é preciso estabelecer relações espaço-temporais (operações físicas).

A análise anterior nos conduz a assinalar que o conhecimento físico acarreta problemas de difícil solução como as seguintes: se o conhecimento físico encontra-se comprometido com o mundo real, a objetividade desse mundo se reduz à experiência ou essa objetividade implica a contribuição necessária de processos dedutivos por parte do sujeito? Em caso favorável a esta segunda solução, qual a natureza dessa contribuição? Trata-se de uma simples aplicação dos processos dedutivos, como das coordenações lógico-matemáticas formais, aos objetos exteriores, ou trata-se da construção de formas dedutivas indissociáveis dos caracteres particulares dos objetos da experiência física?

A solução adequada desses problemas exige, antes de tudo, a análise pormenorizada do processo de construção das noções próprias do conhecimento físico, tais como as questões que apresenta o estudo do tempo e da cinemática, da mecânica e da composição dos corpos. Neste trabalho, escolhemos este último campo, particularmente as questões que dizem respeito a conservação da substância, do peso e do volume, assim como a questão do atomismo. Para isso, estudaremos previamente a construção da permanência do objeto no plano sensório-motor, como substrato substancial das qualidades perceptivas.

1 Investigação sobre a construção do objeto permanente (plano prático ou sensório-motor)

Contrariamente à noção representativa de substância, que trata da questão da composição dos corpos e da conservação do objeto através de conceitos e instrumentos simbólicos, a noção prática de objeto trata da conservação do objeto através da coordenação de esquemas de ação material.

A noção prática de objeto permanente diz respeito das ações especiais para reencontrar os objetos desaparecidos e portanto diz respeito da propriedade dos objetos de serem reencontrados. Desse modo, a formação dessa noção coloca, já nesse plano de ação material, questões epistemológicas sobre as relações entre a experiência e a dedução e sobre as relações entre as ações lógico-matemáticas e as atividades físicas do sujeito.

A investigação experimental básica sobre o objeto permanente, realizada por Piaget, se encontra na obra *A construção do real na criança*, publicada em 1937, que segue à obra de *O nascimento da Inteligência na criança*, de 1936. Ambos trabalhos se encontram intimamente relacionadas, pois a construção do real pressupõe atividades de organização intelectual de ordem lógico-matemáticas. O problema que se coloca, entretanto, é compreender o modo específico das articulações entre as ações especiais de reencontrar e as ações gerais. Se as ações especializadas de ordem físico como pesar, empurrar, encontrar um objeto escondido, localizar um som, etc. implicam ações gerais como deslocar, reunir, dividir, ordenar, substituir, etc., tratar-se-á, então, de uma aplicação de esquemas ou estruturas de ordem lógico-matemático ou de uma construção simultânea com interações particulares?

A construção do objeto permanente exprime, de modo geral, um processo seqüencial como a que se segue:

Ao começo não existem condutas em relação com os objetos desaparecidos nem, portanto, objetos permanentes. Mesmo após a criança ter aprendido a pegar aquilo que vê e ver aquilo que pega (reação circular secundária), acontece que, durante muito tempo, se se esconde com um pano o objeto sobre o qual dirige a mão, ela retira a mão, apesar de saber perfeitamente retirar um pano colocado sobre o próprio rosto. Todo sucede como se o objeto, ao deixar de ser visível, se reabsorvera no pano, isto é, como se as mudanças de posição fossem concebidos como mudanças de estado.

Mais adiante, a criança, por volta dos 8 a 10 meses, chega a buscar o objeto desaparecido atrás das pantalhas, mas, sem tomar conta ainda da continuidade dos deslocamentos. Esta reação mostra, por um lado, que o objeto ainda não está individualizado, embora integrado no contexto de conjunto duma ação bem sucedida, e, por outro lado, mostra que os deslocamentos sucessivos do móbil não se encontram ainda agrupados, mas sim permanecem centrados em função da ação própria.

No final do processo construtivo, a crescente coordenação das ações tem por efeito agrupar os deslocamentos em sistemas reversíveis (retornos) e associativos (desvios) de conjunto, tais que o sujeito, em lugar de relacionar com a sua posição e sua ação os distintos movimentos dos móveis, se coloca, pelo contrário, ele mesmo, como elemento nesse todo perceptivo e motor. Somente então o objeto se desliga da ação imediata, para se fazer substância permanente, isto é, um invariante susceptível de ser reencontrado em função simultânea dos seus deslocamentos e dos movimentos do próprio corpo.

Como se explica, então, a formação do esquema de objeto permanente? Quais são a seu respeito, as relações entre a ação física, ou seja, a ação geradora de percepções qualitativas especializadas (qualidade física de cor, percepção de peso, constâncias de tamanho e de forma do objeto, etc.) e a coordenação lógico-matemática, isto é, a coordenação geral das ações?

O problema destacado neste parte do trabalho se centra, portanto, na pesquisa do caráter substancial do esquema de objeto permanente. Com efeito, o objeto não é apenas um feixe de qualidades transformadas em constantes mas, antes de tudo, o substrato dessas qualidades, isto é, uma substância concebida como existente fora de todo campo perceptual. Ora, este caráter substancial se forma precisamente ao mesmo tempo que as constâncias perceptuais e em relação a isso o papel das ações e as suas coordenações é de máxima importância. Essa coordenação não é outra senão o “grupo” prático de deslocamentos, enquanto que as ações assim coordenadas são precisamente as ações adaptadas às qualidades físicas de cor, peso, etc., características de cada objeto particular.

Na medida em que o equivalente funcional das atividades lógico-matemáticas constitui o grupo prático de deslocamentos, o problema é saber, então, como se constroem a permanência do objeto e o grupo de deslocamentos?

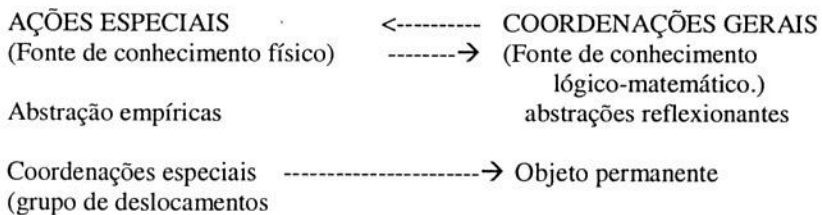
O grande interesse epistemológico que possui a solução dessa questão reside em mostrar a íntima união das ações particulares, fonte de conhecimento físico, e suas coordenações, fonte de conhecimentos lógico-matemáticos.

Com efeito, por uma parte, a criança exerce uma série de atividades especiais sobre as coisas, que lhe permitem descobrir e diferenciar suas qualidades perceptuais: as segue com o olhar, as escuta tratando de vincular os sons com as imagens visuais, as palpa, as frota, as sacode, as levanta, etc. Somente em relação a estas atividades se organizam os distintos elementos perceptuais: resistência, dureza, elasticidade, peso, cor, som, etc. Entretanto, estas percepções das propriedades físicas estão longe de ser suficientes para constituir por elas mesmas um esquema de substância ou um objeto permanente. Por outra parte, as ações especiais somente podem realizar-se coordenando-se entre si. Assim, não apenas acontece que uma imagem visual, sonora, tátil, etc., possa ser percebida unicamente em função de outras imagens do mesmo caráter, simultâneas ou prévias – o que equivale a afirmar que a dependência de cada ação respeito das anteriores – senão que, além disso, os distintos campos estão coordenados entre si mediante coordenações entre os próprios esquemas de ações (assim, a audição é rapidamente vinculada com a visão, esta se coordena com a apreensão

por volta dos 4 ou 5 meses). Então, como estas coordenações não são *associações* entre *sensações* mas *assimilações* ou *integrações* das próprias ações umas nas outras, elas constituem, portanto, o ponto de partida das estruturas espaciais e do esquematismo do qual procederam as coordenações lógico-matemáticas (classes, relações e os números).

Assim, desde o início das atividades sensório-motoras, as ações especiais, que dão lugar aos primeiros conhecimentos físicos, implicam uma coordenação mútua, e estas coordenações constituem as primeiras formas das que serão as ligações lógico-matemáticas, particularmente as ligações espaciais. Inversamente, no plano da ação, não existe nenhuma coordenação geral sem ações especiais que coordenar.

Existe pois, desde o começo, união entre o físico e o lógico-matemático, não em forma de dois realidades, independentes no começo, que entram em contato, mas sim em forma de dois aspectos ao mesmo tempo indissociáveis e irreduzíveis da mesma totalidade ativa. É justamente essa conexão *sui generis* a que explica a formação do esquema dos objetos permanentes: na exata medida em que as ações especiais exercidas sobre as coisas são coordenadas entre si, estas coordenações próprias do sujeito, que atuam sobre a realidade, vão gerar efetivamente, o grupo prático de deslocamentos, o invariante de grupo que representa o objeto permanente, e as regulações que permitem atribuir a este objeto determinadas qualidades perceptuais convertidas assim em constantes (no sentido de constâncias de cor, de tamanho etc.). (PIAGET, 1974, p. 117)



A construção do objeto permanente mostra, assim, desde um começo, a relação particular e indissociável entre as ações especializadas, fontes de conhecimento físico, e as ações gerais, fontes de conhecimento lógico-matemático. Por um lado, as ações tais como deslocar, reunir ou separar, ordenar, substituir, etc. que são adquiridas tanto através do exercício como através da maturação, não tomam suas características dos objetos; elas resultam de experiências que o sujeito realiza com seus próprios movimentos, utilizando objetos qualquer, e conduzem a estruturar as ações próprias quanto dos dados exteriores. Por essa razão, estas ações, as mais gerais, em vez de abstrair sua estrutura do objeto, vem acrescentar ao obje-

to caracteres retirados da atividade do sujeito (abstração reflexionante), e poderão algum dia ser executados reflexivamente e *abstratamente* em ausência de toda aplicação a objetos atuais. Por outro lado, as ações de empurrar, de pesar, encontrar um objeto escondido, ainda constituindo atos (portanto relativos ao sujeito), acabam numa acomodação a certos caracteres particulares do objeto (sua massa, seu peso, substância, etc.) e implicam em consequência uma experiência referida ao objeto, assim como uma abstração a partir do objeto (abstração física ou empírica). Ora, além dessas diferenças, há uma relação importante a ser destacada:

[...] as primeiras das ações intervêm necessariamente no seio das segundas, enquanto que a recíproca não é verdadeira: para poder empurrar um objeto, sopesa-lo, avaliar a sua cor, localizar o som que produz, encontrar depois que se esconde, etc., há que coordenar movimentos, assimilar estas ações a esquemas anteriores, seriar os elementos da conduta, reunir alguns deles e dissociar outros, etc. Noutras palavras, desde a mais elementar ação sensório motora, se fazem necessárias uma lógica e uma geometria para captar as qualidades físicas, enquanto que, por mais que a coordenação geral das ações pressuponha a existência de ações particulares que é necessário coordenar, estas podem ser qualquer e não intervêm na especificidade do mecanismo da coordenação. (PIAGET, 1974, p. 107)

A união entre as ligações lógicas-matemáticas e as ações físicas pode conduzir a imaginar tratar-se de uma aplicação das coordenações gerais, previamente construídas, às ações particulares, entretanto, para Piaget, nada seria mais enganoso que uma tese dessa natureza. Para este autor, seria, pois, falso imaginar que o objeto permanente, deva sua invariância à aplicação de esquemas lógicos (identidade) ou matemáticos (grupo de deslocamentos), a dados físicos prévios ou, ainda, a uma inserção de dados físicos a esquemas lógico-matemáticos prévios. Pelo contrário,

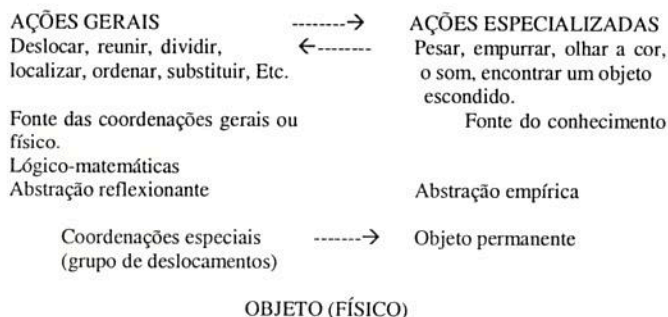
As ações físicas, ao proporcionar o conhecimento das qualidades do objeto, são aquelas que em virtude da sua própria coordenação, atribuem estas qualidades a um substrato de conservação; e esta coordenação, que se inicia junto com tais ações especializadas, é a que constitui a raiz dos esquemas lógico-matemáticos mencionados. (PIAGET, 1974, p. 106)

O anteriormente assinalado conduz a falar de uma *coordenação específica* no conhecimento físico, o qual se manifesta, na construção do objeto permanente, pelo grupo prático de deslocamentos. Assim, o próprio Piaget esclarece a partir da seguinte questão:

Em que consiste, então, a coordenação específica do esquema substancial? Não poderia se tratar de identificação somente, pois a noção de objeto é relativamente tardia e acaba somente com o fechamento

do grupo prático de deslocamento. É ao contrário, a reversibilidade, própria a esta organização de deslocamentos, que explica a invariância do objeto: as ações de reencontrar tornam-se constitutivas do esquema de substância a partir do momento na qual se organizam em relação com o grupo qualitativo dos movimentos do sujeito, e é em função deste grupo prático que os deslocamentos exteriores do móvel são eles mesmos grupados de maneira a conferir a um tal móvel a qualidade de poder ser reencontrado. (PIAGET, 1974, p.119-120)

O objeto permanente resulta, desse modo, de uma solidificação das qualidades físicas inerentes ao modo de composição reversível das ações que os diferenciam, e é por correspondência com a coordenação das ações dos sujeito que o objeto é assim inserido, a título de invariante, no sistema das transformações percebidas no real.



2 Investigação sobre o desenvolvimento das noções físicas de conservação e do atomismo na criança

A investigação experimental realizado por Piaget em 1941, *O Desenvolvimento das quantidades físicas na criança* junto a crianças de 5 a 12 anos aproximadamente, sobre a transformação da forma da matéria (estudo com bolinhas massa) e sobre a transformação do estado da matéria (dissolução do açúcar) mostra dados surpreendentes para uma visão acabada do conhecimento. A investigação sobre a dissolução do açúcar mostra tanto as questões sobre as noções de conservação como sobre o fenômeno do atomismo nas etapas sucessivas da organização do conhecimento físico. Assim, primeiramente, se mostrarão e analisarão os fatos sobre esses assuntos e seguidamente se mostrará as suas implicações teóricas no sentido da natureza das relações entre a experiência e da dedução.

2. 1. A formação da noção de conservação substancial e os primórdios do atomismo infantil.

Os dados sobre a transformação da matéria mostram limitações sérias da experiência inicial da criança e das *deduções* iniciais do espírito infantil, como bases para a explicação causal. Esses dados mostram, igualmente, a formação progressiva das coordenações mentais específicas na organização dos dados da experiência física.

A atitude inicial da criança se caracteriza pela submissão à experiência imediata e isso em oposição a qualquer dedução e raciocínio. Assim que o açúcar se dissolve completamente e sai do campo da percepção, a criança acredita em seu aniquilamento na qualidade de substância. Isso significa então que a garantia da continuidade da qualidade substancial da matéria é a percepção atual ou imediata (aqui e agora) e não qualquer procedimento dedutivo. Essa atitude implica em acreditar somente na aparência fenomênica dos objetos, isto é no seus estados momentâneos e perceptíveis (fenomenismo) e de atrelar a permanência substancial aos esquemas de atividade própria (egocentrismo), como o peso- força, o gosto-qualidade-pura, as *migalhas* resultantes de um devir biomórfico e a própria substância reduzida a uma força de crescimento ou decrescimento etc., contrariamente a composições a serem efetuadas sobre a transformação operatórias do objeto.

A atitude espontânea inicial dessas crianças é exprimir a não conservação do volume, do peso e da substância e essa não conservação vai até a desapareição total da matéria dissolvida. Isso aparece desde o emprego que a criança faz da expressão *dissolvido* (hipótese do aniquilamento): dissolvido significa que “não há mais açúcar”, “não existe mais”, “não estará mais”, “terá desaparecido”, “não restará mais nada” etc.

Mesmo perante dados que desmentem a sua previsão e a sua crença, como o fato de que no final da dissolução efetuada o nível da água não baixar e o peso continuar o mesmo, as crianças permanecem insensíveis e inabaláveis a esses novos fatos. Quando o nível de água permanece constante após a dissolução do açúcar, algumas crianças manifestam uma atitude prudente ao manifestar não compreender nada: “não sei”, “não consigo compreender por que”. Outros contestam os fatos ou afirmam que descerá depois: “ele desceu”, “desceu um pouco”, continuo a mesma altura, mas amanhã ela vai descer”, “descerá após alguns dias”. Um terceiro tipo de reação consiste em ligar entre si os dados imediatos da experiência sem procurar razão ou em ligar qualquer coisa a qualquer outra, desde que os elementos assim reunidos sejam dados simultaneamente na percepção: “ficou de repente assim”, “quando sobe, fica”, o que significa enunciar sem nada acrescentar ao fato a ser explicado, constituindo assim uma relação

legal sem causalidade. Outros limitam-se a dizer que se a água não desce é que “não existe nada para puxa-lo para abaixo”, coerentemente com a sua atitude fenomenista egocêntrica.

Quanto à maneira pela qual essas crianças interpretam o fato da experiência da constância do peso, medido pela balança e contrario a sua previsão anterior, ela não difere em nada às reações perante a constância do nível da água: “ficou de repente assim”, “não consigo explicar”, “há mais água que antes [...] não, não sei”.

Nessas reações a atenção da criança é atraída por um certo número de dados intuitivos, que ela examina um a um: é a aparência do açúcar em pedaços maiores e depois em migalhas, sua desapareição do campo visual, o gosto da água após a dissolução, a subida do nível e depois sua constância, os pesos respectivos do copo contendo o açúcar antes e depois da dissolução, etc. Ora, no curso desta primeira etapa, por mais que o sujeito perceba que o açúcar imergido faz subir o nível da água, ela não coordena esta primeira relação perceptiva com o fato de que a água não se abaixa quando o açúcar se encontra em *migalhas* ou mesmo quando ele se acha inteiramente dissolvido. Por mais que constate que a água adicionada de três torrões de açúcar ainda inteiros pesa mais que a água pura, ela não estabelece nenhum elo entre essa observação e o fato de que o peso permanece o mesmo após a dissolução. A permanência do gosto, por seu lado, não é relacionada com a constância do nível nem com o peso. A existência das migalhas, por fim, não é em nada o início de seccionamento que prosseguirá além das fronteiras da percepção, até a constituição de corpúsculos insecáveis, pois, para a criança, após as *migalhas* não há *mais nada*. Em resumo, tudo se passa como se a criança se limitasse a registrar sucessivamente todos os dados oferecidos à percepção, mas sem uni-los num todo coerente. Ela não coloca esses diferentes dados qualitativos em relações recíprocas e a construi, com esse objetivo, um esquema operatório ao mesmo tempo lógico e quantificante que permita passar de uma constatação a outra, no espaço e no tempo, sem contradições.

É importante lembrar que o pensamento intuitivo não é absolutamente passivo pois ele não deixa de estabelecer relações impostas pela constatação empírica (*a água sobe quando se emerge o torrão de açúcar*) e pré-ligações impostas pelo eu (*o açúcar empurra a água como quando se põe a mão na água*), entretanto, esse pensamento permanece limitada ao campo da percepção atual. Ultrapassar essa situação exige a continuação e a correção da intuição inicial pelo jogo da operação que o transformará completando-a, pois constituir um sistema de conjunto supõe que os estados “atuais” estejam como em função de operações físicas, isto é, de deslocamentos espaço-temporais reversíveis. Contrariamente a este modo de pen-

samento, as crianças desta etapa somente conseguem estabelecer relações atuais e justaposições sucessivas de estados, sem uni-los operatoriamente.

O caracter irreversível das relações percebidas ou estabelecidas pela criança além de explicar a não conservação geral própria desta primeira etapa, explica também o fato de que o sujeito não prolonga em atomismo as transformações, no entanto muito sugestivas e bem acentuadas pelo açúcar em migalhas ou frações cada vez mais pequenas. Apesar de observarem a pulverização no decorrer da dissolução, essas crianças não atravessam os limites da percepção fenomenista e não chegam ainda àquela dedução que, ultrapassando-os, constituiria um atomismo propriamente dito, isto é, construído e não mais perceptível. Para Piaget (1983, p. 124)

[...] bastaria compreender que essas 'coisinhas', essas 'migalhas', essas 'poeira', resultam de um fracionamento do pedaço inicial para que, o fracionamento continuando cada vez mais próximo, ele chegue a corpúsculos supostos ao mesmo tempo invisíveis e existindo ainda a título de substância. A melhor prova de que esse raciocínio é fácil de imaginar é que desde a fase seguinte um bom número de crianças e ele chegará.

Mas, por que as crianças desta fase são incapazes de alcançar o atomismo, para as quais essa hipótese seria tão útil para levantar as contradições em que os encerra seu fenomenismo? Para Piaget, se elas fracassam em efetuar tal construção, é, pois, simplesmente, que a desagregação do torrão em migalhas não resulta para elas de uma operação de secionamento, mas sim de um devir ainda intuitivo. A pulverização é concebida como uma evolução ou involução espontânea do açúcar e por isso não reversível, pelo qual é lógico pensar que venha dar num aniquilamento progressivo e sem retorno. A partir do momento, ao contrário, em que ela for assimilada à operação de fracionamento, então por pequenas e invisíveis que se tornem as frações atomísticas assim engendradas, será sempre possível inverter em pensamento a operação e tirar desta composição reversível as noções da totalidade invariante da substância, do peso e do volume do açúcar.

Entre os casos francos de desapareição, examinados anteriormente, e os exemplos nítidos de conservação substancial, observa-se um grande número de casos intermediários. São, ora crianças que se acham ainda levadas a crer no aniquilamento do açúcar dissolvido, mas que a experiência da constância do nível de água e do peso os conduzem a procurar uma explicação na direção da conservação do açúcar, ora sujeitos que, de saída, apresentam essa conservação, mas hesitam e se contradizem segundo as diversas observações sucessivas. Esses dois progressos não fazem mais que um, pois, por um lado, aqueles que só parecem chegar às

idéias da conservação graças à coerção da experiência, testemunham, por isso, um progresso notável das noções que intervêm em seu raciocínio, pois os mesmos fatos da experiência não convenciam em nada as crianças da etapa precedente. Isso mostra que uma construção dedutiva é sempre necessária para a leitura dos fatos experimentais e o fato de que essa leitura ensine alguma coisa a esse primeiro grupo de sujeitos mostra suficientemente, portanto, que seus conceitos e seus procedimentos de composição lógica acham-se em vias de transformação. Por outro lado, aqueles que somente o raciocínio parece conduzir aos começos da conservação (segundo grupo) são certamente influenciados por fatos de observação tirados da experiência passada ou colocado em evidência pela discussão com a pessoa que interroga a criança. Nos dois casos, portanto, há ao mesmo tempo progresso do raciocínio e progresso na submissão à experiência real, que é construída e não mais imediata.

Apesar dos progressos observados nesses dois grupos, nessas respostas intermediárias a criança raramente chega a idéia de uma conservação completa da substância do açúcar, isto é, da invariância da quantidade de matéria. Na maioria dos casos, a criança admite simplesmente que **alguma coisa continua** e limita-se a ensaiar compreender sob que forma, sem precisar se se trata ou não da mesma quantidade. Mas esse começo de permanência qualitativa já marca certamente um grande progresso em relação ao aniquilamento completo, próprio da primeira etapa.

Mas como explicar o fato dessas crianças realizarem a descoberta fundamental, isto é, que alguma coisa permanece após a dissolução?

É preciso invocar, em primeiro lugar, **a experiência**: por um lado, a permanência do gosto, o fato de se falar de água açucarada e distingui-la da água pura, constituem, os primeiros dados donde procede a presunção da conservação. Por outro lado, o peso e o nível da água –seja que a criança tenha podido constatar anteriormente uma semiconstância, seja que ela descubra inteiramente quando das verificações finais –, representam também um papel essencial. Assim, é evidente que a experiência participa na gênese da *continuação de alguma coisa*, que é o início da conservação. O problema é saber de que tipo de experiência se trata. Trata-se de uma experiência construída e real ou de uma experiência imediata e fenoménica, trata-se de uma leitura que consiste numa dedução ou de uma percepção?

As crianças da primeira fase são esclarecedores a este respeito. Nessas crianças, nem o gosto, nem mesmo a constatação da identidade de peso e do nível bastam para abalar a sua crença no aniquilamento do açúcar, quanto que para as crianças da fase intermediária essas fatos os perturbam e provam a conservação. Assim, não são, pois, as relações perce-

bidadas pela experiência imediata que chegam para engendrar a noção de conservação da substância, na medida em que para as crianças da fase precedente, esses dados da experiência direta não ocasionam nenhuma composição dedutiva e por isso não bastam para abalar a crença no desaparecimento.

O problema que se coloca então é entender como é que as crianças da fase intermediária, agora estudadas, conseguem tirar partido dos mesmos dados para deles induzir a conservação e desse modo não acreditar mais no aniquilamento total do açúcar?

A interpretação do gosto é bastante significativa, pois de momentâneo e não substancial o sabor açucarado torna-se durável e expressa a substância. O que se produz, no raciocínio da criança, entre o momento em que o sabor não é para ela mais que momentâneo e insubstancial e aquele em que se torna durável e indica a existência de uma matéria subjacente? Para Piaget (1983, p. 133),

Não existe outra solução, com efeito: ou uma qualidade parece bastar-se a si mesma, mas é então que ela é relacionada inconscientemente às ações daquele que percebe, ou então ela é desligada desse grupamento ilusório e, para fazê-la ingressar num grupamento real, é preciso então fornecer-lhe um substrato. É por isso que os dois novos caracteres do 'gosto', a permanência e a substancialidade, não constituem, na realidade, mais que um só: eles são simplesmente a expressão de um início de coordenação descentrada ao eu e que procura seu novo ponto de apoio na realidade das 'operações físicas'.

A interpretação dada pela criança sobre a constância de peso ocasiona considerações inteiramente análogas. Todos os sujeitos examinados pensam, antes da experiência final, que o peso dos torrões de açúcar acrescentados ao da água vai desaparecer com a dissolução ou, pelo menos, diminuir notavelmente. Ora, assim que nas constatações experimentais que vem no fim do interrogatório, esses mesmos sujeitos descobrem que o peso permanece constante, disso tiram imediatamente a conclusão de que a substância se conservou. Contrariamente às crianças da primeira fase, nas quais a medição do peso vinda no fim do interrogatório não conduzia em nada a criança a supor a conservação do próprio açúcar, nos casos intermediários da etapa II A observa-se, esse dado experimental ora provocar de saída, ora reforçar, a crença na conservação da substância.

Essa coordenação se explica, é evidente, da mesma maneira que a descoberta da substancialidade do "gosto", pela necessidade de atribuir qualquer qualidade sensível a um *substratum* de que a constância e as transformações sejam componíveis num sistema objetivo. (PIAGET, 1983, p. 134)

A coordenação do nível da água e da substância é também nítida, apesar dos resíduos de fenomenismo em algumas crianças. Para a maioria dos sujeitos, a água descerá de novo a seu nível inicial, após a dissolução. Quando eles constatarem, a seguir, que o nível não se alterou depois da imersão dos pedaços de açúcar, disso concluem imediatamente pela conservação do açúcar.

A explicação dos três fatos, a coordenação espontânea antes das experiências finais entre o *gosto* açucarado da água e a continuação da substância, o relacionamento súbito que se efetua no fim do interrogatório entre a permanência do peso e do nível que constata pela experiência e a invariante substancial que deduz, explicam-se, na teoria de Piaget, pela passagem do fenomenismo egocêntrico da etapa I para a composição operatória que se concluirá na etapa IIB. Nas crianças da Etapa IIA, observa-se um processo de diferenciação e de coordenação complementares das qualidades ou relações percebidas e este começo de composição basta para explicar a conservação nascente da substância.

Para Piaget, essa composição consiste em substituir, na medida do possível, o devir intuitivo por um sistema de fracionamentos e de deslocamentos das partes no espaço e no tempo, substituindo assim a noção de qualidades fluentes e subjetivas (devir qualitativo) pela de objetos móveis deixados invariantes no curso de seus deslocamentos.

Em definitivo, os casos mais avançados desta etapa IIA chegam, pois, seja para explicar a permanência da substância açucarada, seja para a ela ligar o peso e o nível constantes revelados pelas experiências feitas no fim do interrogatório, a conceber um sistema de *operações físicas* que coordenam todos os dados numa composição de conjunto: o pedaço de açúcar é formado de grãos que se podem deslocar após o fracionamento de conjunto, mas essa decomposição e esses deslocamentos deixam invariante não apenas cada grão individualmente mas também a totalidade constituída por essa reunião. *É na medida em que essas diversas relações percebidas tanto sucessiva quanto simultaneamente são assim coordenadas num agrupamento de operações e não mais numa simples fusão de qualidades que se impõe uma certa consistência substancial que ultrapassa o fenomenismo egocêntrico da etapa I.* (PIAGET, 1983 p. 139, *itálicos nosso*)

Contrariamente à etapa IIA, onde a conservação é afirmada de maneira incompleta (conservação qualitativa, no sentido da subsistência de alguma coisa) e tendo como base dados empíricos, a etapa IIB é caracterizada pelo fato da conservação ser afirmada de modo completo e necessário ou *a priori*. Mas como as crianças desta etapa conseguem, de maneira *a priori*, a conservação da substância? No caso das bolinhas de barro, por uma dupla composição reversível das relações de comprimento, largura,

etc. (deslocamento da matéria) e das relações de parte e todo (partição ou fracionamento da matéria), isto é, por duas composições ora complementares, ora reunida numa só totalidade operatória, caso em que conduzam à quantificação extensiva.

A quantidade intensiva se define simplesmente pelas relações de parte e todo e as relações de diferença. Por um lado, ela se limita a afirmar que o todo é maior que a parte ou que uma parte tem a mesma grandeza que ela mesma, mas sem comparar uma parte qualquer a outra parte, por outro, que entre A e C há maior diferença que entre A e B ou entre B e C, mas não se sabe quanto de diferença há entre eles. Este tipo de quantidade é aquela que intervêm somente em lógica e em todo grupamento lógico, o que é evidente, pois para exprimir os encaixes de classes a linguagem lógica conhece somente as quantidades *um*, *nenhum*, *alguns* e *todos*.

Tanto no campo dos objetos discretos como dos objetos espaço-temporais ou infralógicos a quantidade intensiva alcança essas relações e esses encaixes, o que é manifestação do acabamento do grupamento lógico. Noutros termos, a quantidade intensiva se constitui graças as operações lógicas e físicas, cujo desenvolvimento pode ser seguido passo a passo. Entretanto, ela não é ainda uma quantidade extensiva, porque esta última pressupõe a unidade: se em lugar de estabelecer $A+A'=B$ ou que $a+a'=b$ podemos igualizar os termos $A=A'$ ou as diferenças $a=a'$, teremos, então, $B=2A$; $C=3A$; etc. (ou $b=2a$; $c=3a$; etc.), isto é, uma série de números ou de segmentos. A passagem da quantidade intensiva para as quantidades extensivas e métrica, e isto do ponto de vista duplo das operações lógicas e espaço temporais, se opera não pelo acréscimo de novas operações, mas pelo re-grupamento das operações em jogo nas grupamentos precedentes (grupos matemáticos).

No caso da dissolução do açúcar, superar o fenomenismo egocêntrico significa estabelecer quantificações intensivas e extensivas, portanto substituir o devir qualitativo por essas mesmas operações de fracionamento e deslocamento que ocorrem na transformação das bolinhas de barro (transformação da forma da matéria). A invariância substancial é adquirida desde que os grãos sucessivamente engendrados (tempo) pelo fracionamento do torrão se deslocam simplesmente no interior do copo (espaço), em lugar de desaparecer. Assim, a pulverização e o espalhamento ou dispersão combinados explicam a permanência do gosto e da substância.

Essas mesmas operações explicam o nascimento e o desenvolvimento progressivo do atomismo, em quanto modo de explicação da conservação da matéria:

- 1 Modelo explicativo de liquefação. Mais frequentes no nível IIA, consiste simplesmente em imaginar uma liquefação que prolonga somente os

dados da percepção. Se esta hipótese não reduz ainda a dissolução a operações espaço-temporais e continua a referir-se a um devir intuitivo e irreversível, ela permite, entretanto, considerar o açúcar, uma vez liqüefeito, como um objeto constante, cujos deslocamentos no copo de água não alteram mais as propriedades.

- 2 Pulverização com liquefação. Este segundo modelo explicação da conservação da substancia se manifesta quando a liquefação sucede a uma primeira fase de pulverização, a qual anuncia o atomismo propriamente dito. Assim, quando uma criança diz que o açúcar se dissocia primeiro em *migalhas* ou em grãos, que se espalham na água e são a causa do seu gosto açucarado. Somente em vez de imaginar esses grãos como circulando doravante sem alteração, o que teria dado a solução atomística definitiva, a criança procura conciliar a sua descoberta com o aniquilamento aparente: a liquefação.
- 3 Pulverização atomística. As crianças do terceiro tipo passam diretamente da pulverização fornecida pela percepção à hipótese atomística. Elas chegam em parte espontaneamente e em parte sob a influência das constatações experimentais a um modo de composição causal que elimina qualquer transformação intuitiva ou irreversível em proveito de puras operações de fracionamento do açúcar e de deslocamentos dos corpúsculos assim engendrados.

Observa-se assim, quanto o estudo do desenvolvimento do atomismo, espontâneo fornece as provas da constituição e passagem da quantificação intensiva para a extensiva: nascido dos grupamentos infralógicos de partição e de deslocamentos, o atomismo constitui nas suas origens o protótipo da quantificação intensiva pois tem por objetivo único explicar a conservação. Mas, pelo fato mesmo de que os grãos são também igualizáveis, por tanto, redutíveis a uma coleção de unidades, esta quantificação se desdobra imediatamente de uma métrica implícita, a coleção de grãos constituem, com efeito, um *conjunto numerável* em analogia aos números mesmos.

Em resumo, pode-se concluir até aqui que a formação da noção de substancia e do atomismo implicam tanto a constituição da estrutura lógica de grupamento como a estrutura matemática de grupo. Noutras palavras, a estrutura lógica de grupamento como a estrutura matemática de grupo, coordenando as transformações físicas, alcançam a constituição da conservação da substância e da explicação atomística inicial. Isso pode conduzir a pensar que a organização dedutiva na formação da noção da substância e do atomismo consiste numa simples aplicação de estruturas lógico-matemáticas previas e formais, aos dados exteriores nas transforma-

ções físicas. Hipótese plausível mas não verdadeira, como teremos a oportunidade de observar mais adiante.

2.2 Progressos e defasagens das noções de conservação e do atomismo na criança

Alcançados a compreensão da formação da noção de conservação da substância e das formas iniciais de explicação atomística, o problema que surge imediatamente é porque as composições operatórias que as possibilitam não se aplicam ao peso e ao volume? Noutros termos, contrariamente ao que poderia se esperar, de que as duas operações combinadas dariam seguimento à quantificação do peso e do volume, as atitudes espontâneas dessas crianças, que precedem a constatação final dos dados da experiência, exprimem que os grãos atômicos do açúcar *não tem peso e não ocupam mais lugar*. Porque isso acontece?

Para Piaget (1983, p.143), no caso da transformação das bolinhas de barro observa-se uma defasagem do fenomenismo egocêntrico segundo as ações às quais se aplica o grupamento operatório. Se a substância corresponde à ação de encontrar, o peso, à de sopesar, e o volume à de contornar ou rodear, é claro, com efeito, que será mais fácil, quando do fracionamento de um corpo e da dispersão dos pedaços, agrupar as ações do primeiro tipo e do segundo que as do terceiro, isto é, o fenomenismo e o egocentrismo durarão mais nas segundas ações que nas primeiras, e nas terceiras que nas segundas. Com mais forte razão, quando se trata de um pedaço de açúcar, cujas partículas tornadas invisíveis podem produzir somente ações ou experiências “mentais”, é relativamente mais fácil imaginar-se que se encontra cada um desses grãos espalhados, enquanto que sopesá-los parece despido de qualquer sentido e representar-se o lugar que eles ocupam na água, mais irreal ainda, pois eles são “mais finos que a poeira e não se vê mais”.

Quanto às quantificações dessas qualidades, encontra-se no exemplo da dissolução do açúcar e mesma dificuldade que no das bolinhas de barro: pode-se admitir que uma mesma parcela de matéria conserve as mesmas qualidades quando é agregada ao todo de que faz parte, quando é deslocada ou mesmo completamente separada de outras parcelas? No caso da substância, não há problema e é por isso que essa invariante é conquistada em primeiro lugar: um grão é *o mesmo* se se o veja ou não e seja ele deslocado de um lugar a outro. Sejam quais forem as suas deslocções, as partículas permanecem sempre iguais, em sua soma, ao todo que era o pedaço inteiro antes de sua dissolução. Ao contrario, o mesmo fracionamento e os mesmos deslocamentos das mesmas partículas não autorizam, segundo a criança, a mesma composição quando se trata do peso: a soma dos pesos dos grãos não é mais igual à do todo inicial, porque “estarão em migalhas

muito pequenas, *não será mais em bloco*. Quanto ao volume, o mesmo acontece, mas com a dificuldade a mais em compreender que as partículas espalhadas ocupam espaço, embora invisíveis.

Com efeito, no caso da transformação das bolinhas de barro, uma vez adquirida a noção de conservação de matéria, quando é colocada as mesmas perguntas em relação do peso da bolinha deformada se descobre o fato seguinte: durante dois anos a mais, em média (até os 9 ou dez anos aproximadamente), a criança que tem corretamente raciocinado para deduzir a conservação da matéria, contesta a conservação do peso, precisamente com os mesmos argumentos que ele rechaça perante a quantidade de matéria. Admite, por exemplo, que a bolinha de barro esticada em forma de pão perde seu peso porque fica mais fina, no entanto afirma que conserva a sua matéria, já que a sua finura esta compensada pelo estiramento. Somente depois dos nove anos a criança descobre a conservação de peso e o justificará em razão dos mesmos argumentos (e utilizando as mesmas expressões verbais) que já utiliza desde os sete e oito anos em relação à matéria. Uma desafamem análoga acontece em relação ao volume: quando se lhe interroga sobre a conservação do volume a criança nega este invariante até aproximadamente os doze anos, em nome das mesmas aparências que tem sabido afastar nos campos da matéria e do peso. Por volta dos doze anos, em troca, aceita este invariante do volume, em nome dos mesmos argumentos já utilizados faz dois e quatro anos para o peso e a matéria: identidade, reversibilidade das ações e composição reversível das relações.

No que diz respeito as noções de conservação do peso e do volume, e do progresso do atomismo, na dissolução do açúcar, se faz necessário analisar o processo da sua construção para observar as contribuições particulares da experiência e da dedução e a natureza específica das coordenações lógico-matemáticas envolvidas.

Uma etapa seguinte à conservação da substância se configura quando a criança, no decorrer do interrogatório, seja espontaneamente, seja pela intervenção do experimentador, começa afirmando a permanência do peso, mas sem necessidade *a priori* (subetapa IIIA). Analogamente à subetapa da conservação da substância (IIB), estas crianças admitem que depois da dissolução o açúcar “será um pouco mais pesado que a água pura, porque os fios do açúcar ainda continuam dentro”, mas não a mesma quantidade que o açúcar inteiro. Um passo a frente é dado quanto a criança admite a conservação da quantidade total das partes dissolvidas (subetapa IIIB): “o peso continua igual, porque, quando se dissolve, fica igual”. O peso continua “o mesmo, porque o açúcar deixa o seu peso lá. Ele se dissolve e isso não muda nada no peso.”

Esses dados colocam imediatamente dois problemas: compreender como a criança chega à idéia de uma conservação precisa do peso e por que o processo de pensamento que lhe permite cumprir esse progresso não o conduz, por esse fato mesmo, à conservação do volume do açúcar.

É importante lembrar que as crianças da etapa IIB chegam a construção da invariante substancial por uma composição simultânea dos deslocamentos e dos secionamentos, mas se recusam a aplicar essa composição às reações de peso. Assim, a soma das partículas dispersas no copo de água é igual ao torrão inteiro inicial, se se considera simplesmente a substância açucarada, mas ela não parece mais igual do ponto de vista do peso, porque uma determinada partícula pesa menos se for ao mesmo tempo secionada e afastada das outras do que se for agregada ao pedaço total e aproximada de suas vizinhas num bloco único.

No que diz respeito aos sujeitos do nível III, se estes descobrem a conservação do peso, se deverá, portanto, a um sistema de composições que assegure simultaneamente a igualdade do peso total e o da soma das partes e a igualdade das partes entre si ou a identidade de uma mesma parte, sejam quais forem as suas deslocamentos. É isso que se constata nos sujeitos da subetapa IIIA, quando dos conflitos entre a antiga dificuldade da subetapa IIB e o novo grupamento. Assim, uma criança acredita, de início, numa diminuição de peso, “porque o açúcar estava junto, ficava mais grosso, enquanto que os grãos estão espalhados na água”; em seguida, porém, igualiza o todo inicial e a soma das partículas porque “é a mesma coisa, é um açúcar para cada um”. Quanto os sujeitos da subetapa IIIB, eles afirmam de saída a conservação do peso e a unem à substância precisamente em nome da dupla composição que conduz à conservação (quantificação intensiva e extensiva).

Mas porque somente neste nível de desenvolvimento que a igualdade ou identidade dos pesos das partes, independentemente dos seus secionamentos e deslocamentos, é admitida pelas crianças? Para Piaget (1983, p. 150), “Não era o mecanismo formal da composição que constituía a dificuldade para os sujeitos da etapa II, pois eles aplicavam com sucesso a mesma composição à substância. Se a igualização das diferenças ou das parcelas é mais tardia para o peso, é que, como já vimos muitas vezes, a ação de “pesar” ocasiona um egocentrismo mais resistente que a de “encontrar” e que a qualidade do peso-fôrça depende assim mais tempo da forma e da posição do objeto pesante”. Isso mostra a condição de indissociabilidade da forma e conteúdo na construção das qualidades físicas.

Certos sujeitos do nível IIIA confirmam de maneira mais notável a oposição do peso concebido como uma relação componível e do

peso como qualidade de ação: no primeiro caso trata-se do peso físico ou quantitativo, desligado do eu e inserido num grupamento operatório, e, no segundo, do peso do egocentrismo fenomenista. No decurso da subetapa IIIB, ao contrário, o peso intuitivo é inteiramente eliminado, em proveito do peso quantitativo. Assim, a quantificação do peso e, portanto, a igualização das diferenças ou das partes no seio do grupamento operatório das relações é devido, mais uma vez, à descentração das qualidades egocêntricas e à sua coordenação num grupamento que as desliga do eu.

Esse grupamento ou composição reversível das relações de peso se traduz sob a forma de um progresso do atomismo. Por um lado, a grande maioria das crianças imaginam um atomismo que repousa sobre o esquema dos *graozinhos*, das *parcelas*, do *pó* etc. Por outro lado, na medida em que os elementos cessam de ser imponderáveis e são dotados tanto de peso invariante quanto de substância, esse atomismo torna-se tanto mais operatório e adquire o caráter de um verdadeiro esquema de composição quantitativa. É assim que diversos sujeitos tiram desse atomismo dedutivo a idéia de uma recuperação possível do açúcar dissolvido: "será preciso deixar de secar e terá a matéria do açúcar que fica no fundos", diz uma das crianças.

Mas, se a conservação do peso resulta assim da construção reversível própria à composição atomística, porque então esta dedução não acarreta imediatamente a conservação do volume? Se o peso total é concebido como invariante por ser composto da soma dos pesos das partículas que se dissociam e se deslocam no curso da dissolução, porque o volume total não é considerado, ele também, como igual à soma dos volumes parciais dos grãos separados e, por conseqüência, como constante?

Para assegurar a conservação da substância e do peso do açúcar dissolvido, a criança concebe os pedaços imergidos como seccionando-se em partes cada vez mais pequenas e as parcelas finais como se deslocando no seio do líquido, com o grupo desses deslocamentos deixando esses objetos elementares invariantes e o dos seccionamentos sua soma constante. Assim, ao *compor* as transformações materiais em grupamentos coerentes, a criança precisa reduzi-los a *operações físicas* de seccionamentos e de deslocamentos. Mas, porque essas composições construídas não se aplicam ao volume?

Se a criança chega desde a etapa II à idéia de que nenhuma substância se perde e que se pode, assim, sempre encontrá-la em pensamento, nada prova de saída, por isso, que o grão conserve seu peso ao deslocar-se ou diminuir. Desde a etapa III o sujeito descobre, que, se se renuncia à idéia segundo a qual o peso depende dos esforços musculares, e que se ele consiste numa pura relação entre os objetos, então as partícu-

las e, conseqüentemente, sua soma conservarão igualmente seu peso. Mas é esta uma razão para que elas ocupem sempre o mesmo "lugar" na água, para que ao dissociar-se ou se difundir, não se contraíam nem se dilatam e não apresentem nenhuma elasticidade notável? Para essas crianças as partículas estão reduzidas ao ponto de serem invisíveis e seus deslocamentos consistem num espalhamento em toda a água do recipiente: "quando o açúcar é inteiro, tem um lugar onde não pode entrar, mas, assim que se dissolve (= transformado em pequenas parcelas), isso se mistura." A água "descerá de novo, porque os pedaços de açúcar terão ido embora da água e a água ocupará de novo mesmo lugar que tinha antes", porque "os grãosinhos estão espalhados na água". Além disso o açúcar permeável, parece sem volume próprio, pelo que diz Piaget (1983, p. 153):

do ponto de vista do fenomenismo egocêntrico, seu 'pó' parece comparável a um monte de areia que absorve a água sem que seu volume se adicione ao desta última e a própria água pode ser concebida como elástica ao ponto de que seu nível não seja de modo algum alterado pela imersão de corpúsculos muito pequenos.

Para compor num grupamento racional as variações do volume de um sólido e dos líquidos, é necessário coordenar entre si não somente as dimensões do objeto, mas sua concentração, seus *cheios* e seus vazios, e eliminar toda compressão ou descompressão. Num tal caso, será mais difícil ainda que no caso do peso descentrar as relações egocêntricas para grupá-las numa totalidade operatória.

A novidade da quarta etapa (com os casos intermediários da subetapa IVA e os casos de conservação total, desde o início, da subetapa IVB) consiste portanto no modo de composição que torna possível a elaboração desse novo princípio de conservação e do tipo particular de atomismo que lhe corresponde. Com efeito, o progresso da quarta etapa consiste não apenas em generalizar, aplicando aos volumes dos grãos elementares, o esquema de composição que atribui a cada grão um certo peso e que a soma dos seus pesos considerada como igual à do torrão inteiro inicial, mas também em integrá-lo num novo esquema que o completa: o da compressão e descompressão. Esse novo esquema explica as variações do contorno do açúcar segundo este se encontre em blocos ou pedaços macroscópicos ou se ache espalhado sob a forma de um xarope transparente na água total.

As crianças desta última etapa se representam, então, as matérias tais como o açúcar, a pedra, a terra etc. não mais apenas como simples conglomerado de grãos em estado seja de reunião (=sólido), seja de separação (= pó, poeira, etc.), mas imagina suas diferenças de solidez, dureza, resistência ou densidade como devidas às relações íntimas que unem esses grãos, segundo o esquema de compressão (apertado) ou da descompressão.

A criança distinguirá, pois, em cada corpo, por um lado, o “volume global”, que corresponde ao contorno externo e que é igual ao volume dos grãos e, por outro lado, o *volume total* ou *volume corpuscular total*, isto é, a soma dos volumes dos grãos particulares, sem levar em conta os espaços intersticiais. Ora, no caso do açúcar, é precisamente a confusão desses dois volumes que é a razão das dificuldades e da não-conservação, próprias às etapas precedentes. Quando da conservação, é o volume corpuscular total que aparece como se conservando, porque é sempre igual à soma dos volumes invariantes de cada partícula, enquanto que o *volume global* varia em função da dissolução, com somente o volume de cada grão permanecendo constante. Dito mais sucintamente, o *volume global* se transforma segundo as compressões, mas essas transformações deixam invariantes os volumes das *parcelas* e o *volume total* que resulta de sua reunião.

Por outro lado, do ponto de vista do progresso do atomismo é importante destacar que os raciocínios empregados para justificar a conservação do volume aparecem como fazendo mais que um com as próprias operações de composição atomística. Assim, para Piaget (1983, p. 160): “... graças as três operações de secionamento e deslocamento simples ou com compressão e aos seus inversos, o atomismo próprio a este nível e a conservação de volume não constituem mais que um só e idêntico sistema explicativo”.

O anterior estaria mostrando que tanto a formação as noções de conservação como do esquema explicativo da composição dos corpos, supõem uma lógica e uma matemática. Entretanto essa forma de composição lógica e matemática não se reduz a uma simples aplicação de estruturas formais aos dados físicos. Os dados psicogenéticos mostram que as noções de conservação e os diferentes níveis de explicação atomística envolvem operações físicas ou espaço-temporais, fato que revela a união indissociável entre a experiência e a dedução na formação do pensamento físico.

3 Natureza das operações físicas ou espaço-temporais

Quando o sujeito, em presença de objetos individuais supostos invariantes, os reúne em classes ou os ordena segundo suas relações, estas classes e estas séries são independentes do tempo e do espaço, da mesma maneira que os números ou equivalências aritméticas que se estabelece entre eles. Se falará então de operações lógico-aritméticas quando duas condições são cumpridas: que os elementos sobre os quais se conduz a operação são objetos invariantes e que tais operações fazem abstração, na sua ação mesma, as condições espaço-temporais.

Por outro lado, quando os sujeitos reúnem (efetivamente ou em pensamento) as partes da matéria numa só bolinha ou os grãos de substância dissolvida num só pedaço, eles compõem as relações de parte e todo exatamente como se se trata-se de elementos individuais a reunir em classes ou de relações entre sub-classes e classes totais, entretanto, nem a bolinha e nem o pedaço são aqui classes, mas sim um objeto individual. Opõe-se, assim, a partição ou adição partitiva (reunião ou seccionamento de partes) à inclusão ou adição lógica (reunião ou exclusão de objetos em quanto elementos de uma classe), distinguindo a primeira dessas operações da segunda pelos caracteres seguintes: primeiro, ela é infralógico, isto é, o todo que constitui seu limite superior é um objeto individual, segundo, ela visa as partes e o todo enquanto elementos espaciais ou temporais, pois ela os delimita por seccionamentos e não mais por simples distinções abstratas.

Por outro lado, quando os sujeitos concebem os estados sucessivos da bolinha, do açúcar como devidos a seus estiramentos ou a contrações, a descompressões ou a compressões, etc. é claro que eles compõem suas relações da mesma maneira que as relações assimétricas qualquer, susceptíveis de seriações simples (aditivas) ou múltiplas (multiplicativas). No entanto, não se trata aí de seriar objetos como tais, mantendo uns com outros certas relações invariantes como eles, mas sim de seriar os “estados” de um mesmo objeto. Consequentemente, as relações entre estados não constituirão relações qualquer, mas sim colocações espaço-temporais, das quais as transformações são deslocamentos e, do mesmo modo que as partições compõem os objetos que podem ser a seguir classificados, assim também as colocações e os deslocamentos são operações infralógicas que engendram as relações que podem ser a seguir seriadas.

Em resumo, e de acordo com Piaget (1983, p. 352), as operações espaço-temporais ou físicas (infralógicas) possuem a mesma estrutura formal que as operações lógicas, mas apresentam uma outra significação operatória e é por isso que não podem ser compostas com elas, enquanto se organizam segundo os mesmos tipos de grupamento. Como as operações lógicas, as operações físicas podem assim apresentar-se sob uma forma qualitativa, com quantificação simplesmente intensiva, e serem quantificadas extensiva ou metricamente.

4 Operações espaço-temporais na formação das noções de conservação e do atomismo

Os fatos analisados nos itens anteriores mostram, de maneira evidente, que a formação das noções de conservação e do atomismo implicam composições lógicas-matemáticas (grupamento e grupo). As operações

físicas de deslocamento, de fracionamento e de compressão – descompressão, envolvidas na constituição das noções de conservação e do atomismo, atestam essa condição a pesar deles não serem puramente formais e nem resultado da aplicação de outras operações puramente dedutivas.

Entretanto, o fato das coordenações físicas serem lógico-matemáticas pode conduzir a realizar inferências como a que se segue: como os grupamentos operatórios em jogo consistem em adições lógicas de partes e em multiplicações lógicas de relações (sem que intervenha desde o começo quantificação matemática), poderia isso levar a pensar que são os grupamentos lógicos correspondentes, agindo sobre classes e relações qualquer, ou os grupamentos infralógicos de ordem espacial, que, a título de formas prévias, vem a aplicar-se ao problema físico da conservação da matéria. Para Piaget (1973, p.128) tal interpretação não é correta, pois, como ele mesmo diz

[...] tal interpretação seria errônea pois, *de maneira nenhuma há 'aplicação' de grupamentos anteriores, lógicos ou infralógicos, ao problema novo da conservação física da matéria, mas sim organização paralela e convergente das ações conduzidas sobre o conjunto de objetos descontínuos (classes e relações), sobre as propriedades espaciais do objeto e sobre as propriedades físicas, e será, seguidamente, o relacionamento reflexivo de todas as estruturas que constituirá a lógica formal. E, a coordenação das ações físicas que engendra o invariante da quantidade de matéria não deixa de ser uma coordenação lógica (que aguarda ser matematizada) : mas, ela não resulta da aplicação de outras coordenações lógicas e constitui simplesmente uma estruturação paralela a aquela dos outros domínios.* (itálicos nosso)

A melhor prova desse carácter lógico mais ainda não formalizado (não generalizável de um domínio a outro) da coordenação operatória, em jogo na conservação da matéria, é o fato das defasagens, analisados anteriormente. Com efeito, uma vez adquirida a conservação da matéria (7-8 anos), esses mesmos sujeitos, quando se coloca exatamente as mesmas questões no que concerne a conservação do peso da bolinha de barro deformada, contestam a conservação dessa qualidade. É somente depois de dois anos em média que a conservação do peso é adquirida. De igual modo, quando se interroga sobre a conservação do volume físico, este invariante é negado até os 12 anos a partir das mesmas aparências afastadas no domínio do peso e da matéria. Por volta dos 12 anos, pelo contrário, o invariante do volume é aceito utilizando os mesmos três argumentos já empregados desde dois ou quatro anos para os pesos e para a matéria: identidade, reversibilidade das ações e compensação reversível das relações.

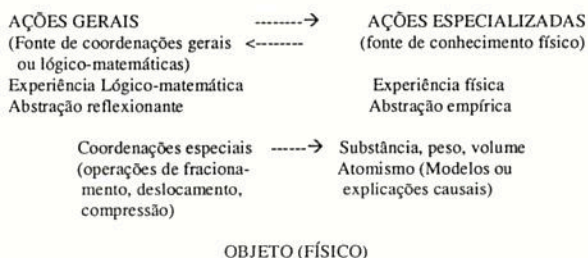
Em relação à dissolução do açúcar, a conservação da substância, do peso e do volume apresentam as mesmas defasagens, com um progresso sucessivo da explicação atomística. Assim, as mesmas crianças que alcançam a conservação quantitativa da substância do açúcar em função das composições complementares das operações de partição e deslocamento, perante a qualidade de peso acreditam que este diminui parcial ou totalmente. Argumentam que *pesa menos* ou *não pesa nada*, pois não é possível imaginar pesar pequenos grãos que não se pode ver ou que é inadmissível sopesar grão muito pequenos.

Essa evolução surpreendente, segundo decalagens de dois em dois anos, mostra não somente a natureza operatória das noções de conservação (contrariamente à hipótese da identificação) mas também, e sobretudo, que as coordenações operatórias em jogo, embora já lógicas na sua composição dedutiva, não são ainda formais, no sentido de que elas podem ser generalizáveis imediatamente de um domínio a outro. A forma e o conteúdo permanecem portanto ainda indissociáveis e indiferenciados. Mostra também que as coordenações operatórias envolvidas na aquisição das noções de conservação física não são o resultado da aplicação de outras coordenações lógico-matemáticas, como aquelas das classes e series lógicas e do número, por exemplo.

Para Piaget, enquanto que sobre os patamares superiores é possível dissociar esta forma lógico-matemática do seu conteúdo experimental, nas suas fases iniciais, pelo contrário, a forma e conteúdo, isto é, a coordenação e as ações coordenadas, constituem uma mesma totalidade, no qual as interdependências são reveladores da natureza do pensamento físico. Assim, do ponto de vista das relações entre a coordenação lógico-matemática (isto é, o grupamento das operações ou das relações engendradas por eles) e o conteúdo físico ou experimental (isto é, as ações particulares efetuadas sobre o objeto e que somente o grupamento as transforma em operações), é claro que essas duas séries de elementos são indissociáveis: de uma parte, não poderia existir coordenações sem ações a coordenar, e estas, de outra parte, não são jamais dadas em estado isolado, mas sim, desde o começo, ligadas por coordenações susceptíveis de regulações diversas nas quais a equilibração progressiva alcança a composição reversível. Sobre este ponto diz Piaget (1974, p. 127): “[...] a medida deste progresso estrutural da coordenação, as ações se transformam elas também e reciprocamente, numa organização estreitamente correlativa da forma e do conteúdo”. Assim é uma só e mesma organização de conjunto da ação que estrutura simultaneamente a experiência e sua forma dedutiva.

Concluindo, tanto no plano da ação material como da representação, não é, pois, uma instância lógico-matemática ou infralógica (es-

paciais), construída anteriormente, que estrutura os dados da experiência; pelo contrário, são as ações físicas especializadas (encontrar, pesar, contornar, etc.) ao coordenar-se em sistemas, conduzem aos grupamentos lógicos e grupos matemáticos, as que são as responsáveis pela descoberta de propriedades e qualidades aos objetos: permanência, substancialidade, de peso e volume. A experiência real, que resulta da transformação da experiência imediata, resulta da coordenação recíproca dos estados e momentos da transformação do objeto, pois abrange os diferentes dados do real num sistema coerente. O próprio modelo explicativo do atomismo se constitui como expressão da composição das coordenações ou operações em questão (operações físicas de deslocamento, de fracionamento, de compressão e de descompressão, etc.).



5 Origens históricas e psicogenéticas do atomismo

Pensando sobretudo na composição química, na qual as composições dos átomos em moléculas chegam a sínteses imprevisíveis partindo das propriedades das partes, Bachelard concorda com alguns autores na idéia de que de que as doutrinas atomistas antigas permaneciam afastadas da idéia de combinação propriamente dita. De qualquer forma, é evidente que se o atomismo grego e o atomismo ingênuo da criança não tem nada a ver com a combinação química, não deixa de ser certo que todo atomismo é o produto de uma composição.

Embora controvertida ainda a hipótese de uma influencia direta do atomismo especulativo dos antigos gregos sobre o atomismo científico moderno, a hipótese da constituição e desenvolvimento da própria razão como fonte do atomismo (todas as formas de atomismo) é fortemente aceito pelos historiadores da ciência, afastados das concepções positivistas. O problema aparecendo somente quanto ao modo de relação entre a razão e a explicação atomística. Assim, para alguns o atomismo é engendrado pelo aparecimento dos números inteiros (Hannequin) e pela identificação (Meyerson) e, para outros pela composição construída racionalmente a partir de intuições sensíveis (Bachelard).

Os dados psicogenéticos analisados nos itens anteriores mostram que se um processo de identificação intervém em cada um das formas sucessivas de atomismo elementar (substância, peso, volume), ele intervém somente em conexão com o sistema total de operações componíveis e reversíveis. Assim, identidade constitui apenas um dos elementos da composição operatória. As operações diretas, inversas, associativas são outras formas de composição operatória (grupamentos). Quanto aos princípios científicos de conservação, a identidade racional que eles comportam pressupõe, mais ainda, uma indissociabilidade com as variações racionalmente construídas ou reconstruídas. Essa identidade racional encontra-se implicada na totalidade do sistema operatório. Segundo Piaget (1974, p. 153),

[...] não somente a explicação do físico é feita simultaneamente sobre a transformação como tal e sobre a invariante, mas ainda, e sobre tudo, a escolha da invariante encontra-se ligada ao sistema operatório e serve para explicar a transformação mesma. Deste ponto de vista, um princípio de conservação é muito menos a manifestação de uma pesquisa da identidade que a expressão de uma assimilação do conjunto das transformações dadas às operações, na qual a conservação ou a identidade constituem a condição necessária, mas, de maneira nenhuma suficiente para a razão.

Por outro lado, as pesquisas psicogenéticas apoiam a tese de Bachelard, no sentido de que o atomismo é resultado da participação de composições construídas racionalmente. Entretanto quando este autor insiste em que a idéia de átomo tem por matéria as intuições perceptivas precisas, isto é, resultado de uma passagem da intuição para a composição operatória (ilustrada pela fórmula da "metafísica da poeira"), os dados genéticos não lhe são favoráveis.

Do mesmo modo que a visão da poeira numa sala de livros, quando da penetração dos raios de sol, a desagregação do açúcar e do sal em pó, quando da dissolução na água, pode inspirar a idéia de grão invisíveis, e uma afirmação ditada pela necessidade de conservação. Ora, os dados psicogenéticos analisados nos itens anteriores desmentem a hipótese de Bachelard quanto a essa possibilidade imediata. Embora confirmam a hipótese da necessária composição operatória dos dados da experiência para a formulação da idéia de átomo, desmentem, entretanto, a existência da intuição atomística antes da composição atomística, pois antes da idéia de átomo há simplesmente aniquilamento da matéria, quanto da dissolução total do açúcar ou do sal.

No que se refere à hipótese da redução do atomismo à idéia de número, os dados psicogenéticos não são, igualmente, favoráveis. Com efeito, embora exista parentesco entre o modo de composição próprio ao atomismo nascente e aquele que engendra os números inteiros, isso não

significa identidade de um só e mesmo sistema operatório. As composições próprias ao atomismo são de natureza espaço-temporal, como foram analisadas no item anterior.

As pesquisas piagetianas mostram que a forma elementar de atomismo, correlativa da conservação da quantidade de matéria, aparece quase que ao mesmo tempo que as operações formadoras do número. Nesse mesmo nível, se constituem as operações aditivas que intervêm na construção das primeiras invariantes espaciais. Entretanto, esses dados não sinalizam na direção de uma identidade entre as operações infralógicas que conduzem à reunião dos elementos espaciais e as operações lógico-matemáticas que engendram as classes, as series e os números. Desse modo,

É evidente que, se se admite essa distinção genética, o atomismo enquanto composição das partes do objeto por oposição às reuniões dos objetos em classes ou em coleções numéricas, representa, precisamente, o protótipo das operações infralógicas, sem nenhuma aplicação direta da noção de classe nem *a fortiori* da idéia de número, mas reúnem as partes elementares em objetos totais segundo o mesmo esquema operatório que a adição lógica. (PIAGET, 1974, p. 146)

O parentesco entre as operações infralógicas em jogo no atomismo nascente e as operações espaciais é bastante estreita, pois no momento do acabamento do atomismo o sujeito é capaz de dissociar um conteúdo linear em número de pontos ilimitados. O átomo é assim concebido como uma sorte de ponto físico, como o ponto é um átomo espacial. Assim, a generalidade desses esquemas infantis estaria mostrando para Piaget (1974, p.146) o papel de esquemas parecidos na formação histórica das noções e estariam provando por sua vez o caráter natural, para a razão em desenvolvimento, da decomposição e composição atomística.

Referências

- BACHELARD, G. *Les intuitions atomistiques*. Paris: Boivin, 1933.
- _____. *Le materialismo racional*. Paris: P.U. F., 1953.
- DONGO MONTTOYA, A. *representação imagética e construção do conhecimento na criança*. 1999. Tese (Livre Docente) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília.
- MEYERSON, E. *Identidade e realidade*. Paris: Alcan, 1912.
- _____. *De l'explication dans les sciences*. Paris: Payot, 1921.
- PIAGET, J. *Introduction à l'épistemologie génétique: la pensée physique*. Paris: Presses Universitaires de France, 1974. v.2
- _____. *Logique et connaissance scientifique*. Paris: Gallimard, 1967. (Encyclopédie de la Pléiade).

PIAGET, J. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1983. Primeira edição em língua francesa 1941.

_____. *A construção do real na criança*. São Paulo: Ática, 1966. Primeira edição em francês, em 1937.

_____. *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. Primeira edição em francês, em 1936.

_____. *Logique et connaissance scientifique*. Dijon: Gallimard, 1967.

PIAGET, J.; SZEMINSKA, A. *Gênese do número na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

PROBLEMAS PARA A UNIFICAÇÃO LÓGICA DE REDES E ALGORITMOS NÃO CONVENCIONAIS

Carlos Alberto LUNGARZO¹

Introdução

As redes neurais artificiais (doravante indicadas pela sigla **RN**, mesmo em singular) são utilizadas em diversos campos da ciência cognitiva e, mais especificamente, em *inteligência artificial* (doravante indicada **IA**), em, pelo menos, dois sentidos:

Primeiro, como modelos formais, sendo que este uso percorre um espectro bastante amplo, que vai desde a modelagem quase puramente icônica dos começos da teoria, até a modelagem matemática como é apresentada nos textos mais modernos (CAUDILL; BUTLER, 1992; KOVÁCS, RUMELHART; MCCLELLAND, 1987)

Segundo, como programas baseados nesses modelos.

A formação do modelo lógico-matemático de rede segue o percurso usual da criação de modelos em qualquer ciência factual. Numa primeira aproximação, o modelo é uma estrutura simples, que tenta abstrair as características mais externas do objeto a ser modelizado, e preserva, tanto no caso das **RN** como em casos mais clássicos, uma certa analogia iconográfica com o objeto. Nessa forma foram produzidos os primeiros *modelos* de sinapse, que reproduziam geometricamente as relações entre os neurônios reais. Posteriormente, essas estruturas foram tornando-se mais complexas, ao ponto que sua descrição começou a exigir uma teoria matemática específica.

Este primeiro sentido é o mais relevante para a análise metodológica e epistemológica da teoria das **RN**.

Já o segundo sentido é mais familiar. Como acontece na maior parte das ciências, especialmente em suas áreas mais desenvolvidas, muitos

¹ Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Área Multidisciplinar/Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - Lungarzo@hotmail.com
Quero agradecer o apoio recebido pelo Comitê Multidisciplinar do CNPq, sem o qual, minha pesquisa teria sido inviável. Este trabalho foi revisado pelos professores José Roberto Castilho Piqueira e Luiz Henrique Alves Monteiro, da Escola Politécnica da USP aos quais agradeço observações inteligentes e úteis que ajudaram a corrigir muitos defeitos do trabalho original. No entanto, a supervivência de alguns desses defeitos, ou aparição de outros, é apenas de minha própria responsabilidade.

processos computacionais são preparados e executados sem necessidade de uma análise de sua fundamentação. Esta confiança em fundamentos que não são perfeitamente conhecidos, permite o desenvolvimento operacional da disciplina, mesmo que os conceitos básicos permaneçam indefinidos. Existem exemplos conspícuos dessa evolução de teorias totalmente transparentes apoiadas em bases opacas. O mais famoso é o cálculo diferencial e integral dos séculos XVIII e XIX, que foi ricamente desenvolvido mesmo sem possuir uma definição de número real, muito menos de número natural. Outro exemplo é o eletromagnetismo clássico que avançou antes que as propriedades da radiação fossem adequadamente entendidas, o que só aconteceu a partir de 1900.

Eventualmente, a possibilidade de construir teorias complexas, conceitualmente fundamentadas em teorias mais básicas, pode ser um sintoma de que as relações lógicas entre conceitos não são sempre essenciais para estabelecer uma ordem cognitiva, mas os detalhes desta conjectura não estão, por enquanto, devidamente investigados.

Portanto, mesmo aceitando a diversidade de significados do conceito de **RN**, e da falta de clareza sobre sua natureza matemática, tem sido possível desenvolver programas que, convencionalmente, consideramos simulações de redes neurais *reais*. Estas redes seriam, por sua vez, objetos que se comportariam, em seus aspectos principais, como as populações de neurônios biológicos. A eficiência desses programas, rodados em computadores convencionais sob o *hardware* sequencial, algorítmico e digital (todo o qual constitui o que a teoria de **RN** intuía substituir) é notória em problemas usualmente considerados como pertencentes a **IA**, por exemplo, reconhecimento ótico de caracteres, controle de robôs, calibragem *instantânea* de objetos de precisão, etc.

Um terceiro significado, menos relevante para nossos objetivos, é o de **RN** como uma forma específica de *hardware*. Foram feitos alguns avanços na construção de robôs direcionados apenas por sensores que transmitem informação a seu sistema central sem programação previa, emulando em alguma medida o comportamento *espontâneo* de organismos vivos, e aproveitando os métodos da computação analógica. De fato, a construção real de uma **RN** suporia uma interconexão complexa de numerosos aparelhos que se comportariam como microscópicos computadores analógicos. Além das dificuldades técnicas para substituir um *software* tradicional por todos esses computadores analógicos, subsiste a dificuldade teórica de reproduzir processos que não possuem um análogo físico.

É possível imaginar um robô que realize diversas ações no plano físico, por analogia com o processo real, como acontece no caso de

evitar obstáculos ou manipular objetos; no entanto, não parece ter sentido um tratamento analógico do processo de pensamento ou, mais modestamente, da análise da linguagem natural.

Problemas considerados *hard* para os algoritmos usuais, como a análise da linguagem natural e, portanto, mais aproximados da inteligência biológica que dos procedimentos eletrônicos, sugerem que podem esperar-se soluções de métodos que simulem de maneira mais próxima os processos dessa inteligência natural.

Os métodos tradicionais em inteligência artificial já são mais sofisticados do que os algoritmos *não inteligentes*, pelo fato de possuir *bancos* de conhecimento, que permitem fazer inferências.

Mas a teoria que consiste em criar algoritmos que imitem algumas das propriedades biológicas básicas é bastante recente: é a teoria dos *algoritmos genéticos (AG)*. Estes algoritmos utilizam conceitos tirados da teoria biológica de evolução e pretendem fazer justiça à idéia de *memória histórica* que os processos evolutivos possuem. Junto com as **RN**, os **AG** são a maior emulação dos processos biológicos criados com fins computacionais.

Este parentesco, pelo menos na origem, sugere que ambos conceitos possam ter uma estrutura básica comum. Nos casos simples, isso de fato acontece. Mas o caso geral será examinado com maior detalhe depois.

Como sabemos informalmente, os algoritmos e as **RN**, são definidos como métodos que executam processos *deterministas*. Também se sabe que uma modificação na definição de algoritmo pode transformá-lo em *probabilista*. No caso das **RN**, as propostas de introduzir mecanismos aleatórios são mais diversificadas, porém menos precisas.

Uma possibilidade para introduzir probabilidades em **RN** seria o uso de variáveis aleatórias na definição dos *pesos*, que chamaremos **W** neste trabalho. [Vide a seção seguinte]. Mas, durante os últimos anos tem sido bastante investigada uma estrutura que pretende representar o conhecimento randômico e/ou nossa *crença* na ocorrência de certos fatos: as redes *bayesianas (RB)*. Apesar de conexão dos componentes de uma **RB** em forma de rede, esta estrutura e o sistema real que representa não é uma sub-variedade direta das **RN**.

Com efeito, no primeiro sentido, como estrutura formal e projeto de um sistema real, a **RN** é modelo de um sistema que computaria informação de maneira *conexionista*. Um fato que nem sempre é enfatizado na literatura de metodologia e fundamentação das **RN**, é que esse conexionismo é *forte*,

no sentido de exigir que a informação seja transmitida de maneira simultânea pelas diversas conexões. Este sentido é o clássico nas teorias apoiadas em modelos neurais, pois os primeiros projetos de redes tentaram capturar a maior capacidade possível do conexionismo biológico. Já, o conceito de conexionismo que se tornou popular entre os computólogos depois da tese de Hillis [vide especialmente p. 18 et seq.], é mais fraco e conceitualmente mais convencional.

Já um algoritmo em geral pode ser pensado como um objeto formal independente de qualquer *hardware*, ou como a implementação real desse objeto. Um caso particular de algoritmo é o **AG**.

Tanto as **RN** como os algoritmos, em particular os **AG**, são estruturas que, quando implantadas, *resolvem* problemas formalmente bem definidos (embora deixem sem resolver *mais* problemas dos que podem resolver).

Já as **RB** são também estruturas, mas sua finalidade é fornecer informação, analogamente a qualquer outra teoria científica cujos componentes podem ser interpretados como enunciados. Por outro lado, seu caráter probabilístico, e, em especial, o uso sistemático de probabilidades condicionais, faz plausível pensar-las como métodos para estimar, entre outras informações, o grau de aprendizagem das próprias **RN**.

Resolver problemas de **IA** pela aplicação de probabilidades é relativamente freqüente. Esse método foi proposto por mim (vide LUNGARZO, 1993) para decidir entre informações contraditórias fornecidas por um sistema especialista. Isto é mais simples que o uso das **RB**, e consiste apenas no cálculo da probabilidade não condicional de cada uma das sentenças contraditórias α e $\neg \alpha$, que transportam essa informação.

Este uso *ingênuo* das probabilidades em sistemas especialistas pode ser deslocado para o caso mais complexo de **RN**.

Com efeito, seja um problema π , para o qual existe pelo menos uma solução σ , tal que, se C é a condição de π , então **(d)** satisfaz C , para qualquer elemento $d \in D$, sendo D o domínio do problema π . (Esta formulação segue a teoria de Veloso e Lopes que não podemos desenvolver aqui; veja, por exemplo, Lungarzo, 2002?).

Embora existam conexões parciais entre todos estes conceitos e algumas delas muito simples, o problema geral é mais complicado:

Será que existe uma família de estruturas suficientemente "genéricas", (A_λ) , tal que **RN**, **AG** e **RB**, pensados como estruturas, são casos particulares das **A**?

É fácil reconhecer alguns vínculos entre estes diversos métodos, como veremos em seguida. No entanto, não possuímos um tratamento formal unificado destas três classes de sistemas: **RN**, **RB** e **AG**.

Em geral, há uma tendência a pensar que as **RN** são *mais* do que algorítmicas, como fazem notar Caudill e Butler, ao afirmar que as redes são não digitais, não algorítmicas e fortemente paralelas.

De fato, estas propriedades estão relacionadas. Em particular, a não digitalidade implica, por si mesma, o caráter não algorítmico.

Com efeito, um algoritmo pode ser considerado um sistema formal, mesmo que consista de atividades tão ostensivamente empíricas como a execução de uma receita de bolo. Se diferentes formulações podem ser reconhecidas como "expressões diferentes" de uma mesma receita, isso acontece porque existe um sistema formal subjacente do qual todas essas formulações são casos particulares, que se apresentam com graus diversos de "perturbação" a respeito do original, no mesmo sentido em que reconhecemos todas as letras 'a' deste texto como instâncias da mesma letra "ideal", independentemente da fonte e corpo em que esteja escrita (cf. HAUGELAND, p. 50 et seq.).

Que não ocorra a recíproca (ou seja, que um sistema formal não seja necessariamente um algoritmo) não afeta nosso raciocínio: a questão sobre a solubilidade de problemas formais vai além de nosso objetivo nesta nota.

Portanto, se $\mathfrak{R}$ é um sistema formal, certamente é digital, o que mostra que nenhum objeto não digital pode ser um algoritmo.

O paralelismo forte exigido das **RN** é algo mais complicado. Aqui, a inspiração biológica é adotada da maneira mais difusa e menos explícita. Assumir que um processo informacional seja paralelo, num sentido que vai além do paralelismo convencional consistente na execução simultânea de diversos *fluxos* sequenciais de informação, como na computação ordinária baseada no modelo de Turing, parece motivado em nossa experiência biológica. Em alguns dos casos dessa experiência, por exemplo, no caso da percepção, recebemos informação *fortemente paralela* de diversas fontes, e a integramos por meio de nossa mente sem que seja possível reconhecer a existência de *bits*, nem, muito menos, a organização dos mesmos.

Isto parece induzir a idéia de que, caso existisse uma definição rigorosa de *paralelismo* (pelo menos, tão rigorosa como é possível tornar a definição de algoritmo e de digitalidade), a não digitalidade dos sistemas de **RN** implicaria também o caráter paralelo, ou seja, a não necessidade de sequencialidade. Com efeito, se um sistema não é digital, então não pode

ser transmitido como seqüência de dígitos binários, uma vez que a alternativa sim-não (verdadeiro-falso, **0-1**, etc.) permite formalizar digitalmente uma informação. Assim sendo, a informação desses sistemas poderia eventualmente ser transmitida em forma seqüencial (embora não como seqüência de bits), mas talvez não estaria obrigada a isso, chegando até os receptores da mesma maneira *paralela* em que chega aos nossos sentidos a informação contida, por exemplo, num filme que estamos assistindo, incluindo os numerosos estímulos visuais e os diversos sinais auditivos.

Isso não impede a reconstrução de fragmentos dessa informação pela via digital. De fato, nossa percepção tem componentes digitais que são os que fazem possível a captura e estocagem de símbolos. O que usualmente pretendem dizer os especialistas em **RN** é que a transmissão neural é *mais do que* simbólica.

Apesar destas considerações, o que os teóricos das **RN** oferecem é apenas uma *intuição* de paralelismo forte, e não uma definição rigorosa. O problema se encontra em estado ainda especulativo, talvez porque sua elucidação não tenha sido necessária na aplicação das redes. A idéia parece suscetível de ser formalizada considerando um paralelismo que não possa ser fatorizado em feixes paralelos de seqüências, o que sim acontece no uso habitual do conceito de paralelismo em computação.

Mas, para poder comparar **RN** com **AG**, por exemplo, deveremos considerar os algoritmos subjacentes às redes.

Ora, podemos pensar uma **RN** como um objeto real, cujo modelo formal é a **RN** entendida como estrutura. Este procedimento é similar ao de considerar um computador convencional como o objeto real (físico, eletrônico) cujo modelo é a máquina de Turing. Aliás, na época em que Turing propôs aquela estrutura, o computador físico ainda devia ser realizado como aconteceu pouco depois, pois tampouco tinha existência concreta, pelo menos, não na forma em que atualmente se entende o conceito de computador.

A analogia entre ambas situações, possui, no entanto, uma assimetria, que faz nossa situação atual mais confortável. Tendo programas de **RN** (ou seja, redes neurais no segundo sentido enunciado ao começo desta nota) que rodam em computadores convencionais, podemos simular as eventuais redes físicas que se construam no futuro, enquanto que, antes dos primeiros modelos reais da arquitetura Turing/von Neumann, a única maneira de simular uma máquina de Turing era através de um *experimento mental*.

Simulações de **RN** estão claramente explicadas, com software demonstrativo, no volume 2 de Caudill e Butler (1992).

Ao rodar um programa de **RN**, podemos comparar suas propriedades *computacionais* com as de programas considerados convencionais. A diferença entre ambos não é, como às vezes se pretende, *ontológica*, como seria o caso da diferença entre a máquina (qualquer que seja) e a mente humana. Os processos *representados* pelo programa são, sim, diferentes, no caso convencional e no caso *neural*, mas a diferença entre os processos realmente executados é apenas sua versatilidade. Neste sentido, a melhor ilustração desta diferença é a que existe entre programas ditos *convencionais* e os programas de **AI**. Os programas de **RN** teriam uma flexibilidade mais próxima a dos programas de AI que aos programas convencionais.

No entanto, a estrutura de **RN**, pensada como modelo lógico-matemático, pode ser vista teoricamente como uma simulação das conexões neurais reais e não como um programa. Nada impede isto: afinal, o próprio cérebro humano e outros organismos vitais podem ser simulados em computador, pelo menos, na medida em que seu funcionamento é conhecido.

Em síntese: há uma estrutura formal correspondente a **RN**, e, como sabemos, há uma estrutura formal correspondente aos algoritmos convencionais, apesar de que a clareza desta noção dispensa, na prática, a análise da mesma.

Isto continua nossa comparação com o cálculo: com efeito, podemos demonstrar teoremas sobre equações diferenciais, mesmo que não saibamos se existe um critério recursivo para determinar sua condição de teoremas, antes de conhecer a definição de número real! Sabia-se, por exemplo, que equações com coeficientes analíticos possuíam soluções analíticas, antes de conhecer o caráter localmente compacto do conjunto dos números reais.

Um assunto motivado pelo estudo dos fundamentos e métodos de redes e de algoritmos, e a comparação entre as estruturas implícitas subjacentes a ambos, é a interrogação pela possibilidade de possuir uma família geral de estruturas, onde a estrutura de algoritmo fosse um caso particular da estrutura de rede.

Esta interrogação é provocada, em princípio, por um certo *preconceito lógico*, herdado das ciências exatas: o de supor que métodos que geram processos reais afins, devem possuir um cenário teórico comum. De fato, isto acontece de maneira progressiva no caso da física, apesar de deixar fora desta sistematização algumas teorias. A primeira unificação é a que foi feita entre a mecânica celeste e terrestre por Newton, e, posteriormente, entre teorias macroscópicas e cosmológicas, e entre teorias sobre fenômenos observáveis e teorias quânticas.

Sendo que o problema de *computar* resultados, seja via redes, seja via algoritmos convencionais, é mais próximo da matemática que da física, a expectativa de ter uma unificação bem sucedida é maior.

[Um problema que pode vir a complicar este projeto, é o reconhecimento de que certas definições aparentemente formais, no campo da computação, podem precisar de referências ao hardware. Para simplificar nosso enfoque, vamos ignorar aqui essas considerações. No me posso deter neste assunto que foi tratado em outra parte (Cf. LUNGARZO, 1990)].

Mas, será que existe uma estrutura suficientemente geral, para incorporar, da mesma maneira, as redes neurais, os algoritmos genéticos e as redes bayesianas?

Ou seja, existe uma estrutura **A**, tal que, particularizando alguns de seus componentes, possamos obter uma estrutura correspondente ao gênero dos **AG**, das **RN** ou das **RB**?

Caso exista, uma propriedade exigível a **A** é que seja não trivial. Com efeito, a estrutura formada, por exemplo, pelo universo de von Neumann **V**, com a relação de pertinência $\in$, certamente atende estas exigências, mas não possui interesse lógico-computacional: é grande demais!.

Uma maneira de evitar a trivialidade seria garantir uma condição de minimalidade. Entendo que a seguinte seria uma condição desse estilo: **A** resolve todo problema que seja resolúvel por uma rede neural, mas para qualquer subestrutura própria $\mathfrak{R}$ de **A**, deverá existir um problema, resolúvel por **RN** que $\mathfrak{R}$ não resolve.

A colocação pode ser paradoxal, uma vez que não temos uma formulação precisa para *resolúvel por rede neural*, como temos para algoritmo (vide a seção seguinte). Esta proposta pode parecer afetada do mesmo caráter *tautológico* que teve a tese de Church. No entanto, acredito que é possível nos aproximarmos em algum sentido desse conceito.

Ainda, se aceitarmos um conceito intuitivo de não trivialidade, o passo seguinte deve ser a investigação de condições para **A**. Como os métodos **RN**, **AG** e **RB** são basicamente os centrais nas atuais teorias computacionais da cognição (deixando fora os algoritmos quânticos, dos quais não nos ocupamos neste artigo), os problemas seriam:

Determinar condições necessárias e suficientes para a existência de uma estrutura **A** tal que é modelo (no sentido da lógica de ordem superior) das teorias de **RN**, **AG** e **RB**.

Ou seja: $\mathbf{A} \models (\mathbf{RN} \cup \mathbf{AG} \cup \mathbf{RB})$

Garantir que $\mathbf{A}$ seja não trivial. Se $\mathbf{B} \triangleleft \mathbf{A}$ [subestrutura própria], então $\mathbf{A}$ não é modelo dessas teorias.

Encontrar a resposta não parece, neste momento, muito fácil, mas o problema, possui, segundo acredito, um interesse lógico fundamental análogo ao que teve, no passado, a teoria dos graus recursivos de solubilidade.

Entretanto, é possível pelo menos fazer uma análise dos componentes dos objetos destas teorias (**RN**, **RG** e **RB**) para dar um passo na direção do entendimento da solução.

Algoritmos deterministas e probabilísticos

Suponhamos $\mathfrak{J}$ um algoritmo no sentido usual em teoria da computação. O conceito de algoritmo é também daqueles que são aceitos com base na clareza do critério para diferenciá-los intuitivamente, e para os quais não se pretende uma definição até que apareçam propriedades que exigem distinções muito finas. [Esse foi o caso da conjectura sobre a relação entre algoritmos deterministas e não deterministas.]

Inclusive nas fontes sobre fundamentação e análise de algoritmos se reconhece o caráter implícito do conceito exceto nos casos críticos, como o do problema **NP ? P**. (Vide, por exemplo, os comentários de MANBER, 1984, no capítulo 11).

No entanto, se desejarmos comparar sua estrutura lógica com a das redes e outros métodos computacionais, uma tentativa mais consistente de definição se faz necessária (HUTH; RYAN, p.176 et seq.).

Considere, por exemplo, um *método* para dividir um segmento de reta em 2^n sub-segmentos do mesmo comprimento.

Este método deve gerar um processo que é a divisão do segmento.

Se imaginarmos o método como um sistema de regras ou instruções, cada aplicação do método (ou seja, de uma das regras do método), seja *nova*, ou seja uma reiteração de uma aplicação anterior, gerará uma nova *etapa* em nosso processo. Ou seja, a resolução do problema com base no método, possui vários casos.

O esquema do método não deve depender de n , nem do comprimento do segmento dado. Serve para dividir qualquer segmento não

nulo em qualquer número de segmentos congruentes que seja potência de 2. No entanto, cada caso específico do método dependerá de n , pois seu número de passos será função deste número.

Observe um *quase programa*, ou seja uma descrição em linguagem natural da aplicação do algoritmo.

Passo	Regra aplicada	Entrada	Saída
1	Dividir o segmento pelo ponto meio, unindo os pontos de interseção de duas circunferências com raio maior o igual que o segmento e com centro em cada um dos extremos	O segmento inicial AB, de comprimento c	Dois sub-segmentos AD e DB de comprimentos $c/2$.
2	Escolher o subsegmento AD, e dividir pelo ponto meio com a mesma técnica de 1	Segmento AD de comprimento $(c/2)$	Segmentos AD' e D'D ambos de comprimento $\frac{1}{2}(c/2)$
3	Escolher o subsegmento DB do original AB, e dividir pelo ponto meio com a mesma técnica de 1	Segmento DB de comprimento $c/2$	Segmentos DB' e B'D ambos de comprimento $\frac{1}{2}(c/2)$
4	continua, dependendo do valor n		

Admitindo que este exemplo faz jus a nossa noção intuitiva de algoritmo, podemos destacar algumas propriedades que serão incorporadas à definição formal.

Primeiro, o algoritmo é um processo sequencial. Embora sejam possíveis combinações de várias destas seqüências, cada uma delas pode ser isolada como a representação específica de um algoritmo. Esta *fatorização* não acontece nos processos típicos da inteligência natural, onde não há maneira de descompor a totalidade do processo em seqüências. (Isto não impede que partes desse processo possam ser representadas como seqüências, como de fato acontece quando se formaliza um raciocínio ou um cálculo).

Segundo, o algoritmo aplica um conjunto de *instruções*, ou seja, sentenças em forma de regras. Essas regras são digitais, no sentido de que variações em suas formulação podem ser inessenciais, sendo que diversas instâncias das mesmas devem ser reconhecidas como idênticas.

Terceiro, essas regras permitem *alimentar* certas operações fornecendo os dados para suas entradas e colocando novamente em seqüência suas saídas (se houver). Essas operações devem ser *calculáveis*, ou seja, estar representadas por operações *recursivas*.²

No exemplo acima, há basicamente duas regras.

² Vou ignorar a diferença entre *calculável* e *recursivo*, estabelecida na assim chamada 'tese de Church'.

Uma que ordena aplicar a operação de dividir em dois (que é uma operação calculável no sentido tradicional).

A outra é uma regra complexa que permite escolher o sub-segmento no qual será aplicada a operação de divisão. A regra pode ser definida construtivamente por indução no ordinal dos sub-segmentos obtidos numa ordem fixa (por exemplo, a lexicográfica, de esquerda à direita). Estando definida para todo n , com maior razão o estará para todo $n \leq 2^m$, para a m -sima aplicação.

Estas propriedades podem ser capturadas de maneira geral.

Formalmente, um algoritmo é uma seqüência de regras $\langle R_1, \dots, R_n \rangle$ tal que: para todo $i \leq n$, R_i é uma instrução que permite introduzir dados numa operação recursiva $O_{m(n)}$, para toda seqüência de dados $\Delta = \langle D_1, \dots, D_m \rangle$.

Uma aplicação de ρ a Δ , é uma seqüência de "passos": $\langle P_1, \dots, P_q \rangle$ tal que, para cada $1 \leq j \leq p$, ocorre que: $P_j \equiv D_{h_j}$, para algum $h_j \leq m$, ou existe uma subsequência $P_{k_1}, \dots, P_{k_{s(j)}}$ onde os $k_h \leq j$, e uma regra $R_t \in \rho$ tais que: $R_t(P_{k_1}, \dots, P_{k_{s(j)}}) = P_j$

Em geral, esta definição de algoritmo supõe o determinismo, uma vez que não consideramos que as regras recursivas possam ser aleatórias. Vamos nos aproximarmos do caso randômico por um caminho algo diferente do convencional (MANBER, 1989, p. 159), já que, apesar da funcionalidade das definições clássicas, elas não permitem uma caracterização lógica precisa.

Seja agora uma estrutura aleatória, ou seja, a formalização (aproximada) da idéia física de um mecanismo regido pelo acaso: $\langle U, \Omega, \mu \rangle$ onde U é um conjunto (o universo), Ω uma σ -álgebra sobre U e μ uma medida de probabilidade sobre os elementos de Ω . [Ou seja, como sempre, μ é σ -aditiva, regular, monotônica, e satisfaz $\mu(U) = 1$]

Agora podemos definir com maior precisão o conceito de algoritmo probabilístico.

Na definição de algoritmo, acima, aceitamos que alguns dos passos, possa ser obtido como saída de um sistema aleatório S . Mas formalmente: $\mathfrak{S}$ é um algoritmo **probabilístico** se e somente se existe um sistema aleatório S , tal que, ao menos um passo P_k , pode ser obtido como saída de S para entradas fornecidas por passos anteriores (mesmos que estes tivessem sido deterministas).

Ou seja, a condição de ser aleatório é forte no sentido de eliminar determinismo. Basta que um algoritmo tenha um único uso randômico de uma regra durante uma aplicação, para ser considerado aleatório.

[No caso em que $\mu \equiv 1$, temos o caso determinista. Não entanto, para não banalizar a relação entre os dois casos, usaremos 'probabilista' para nos referirmos ao caso em que $\mu \neq 1$].

Observemos este exemplo: Ordenar os seguintes números de menor a maior **123, 45, 7, 8, 19, 1, 33, 27, 0**. Um algoritmo determinista constrói a seqüência: $0 < 1 < 7 < 8 < 19 < 27 < 33 < 45 < 123$.

Suponha agora que o problema exige: Escolha, entre os números assim ordenados, um que seja > 30 .

Um algoritmo igualmente simples encontra os três números maiores que **30**: são **33, 45, 123**.

O problema é como escolher um deles. A escolha é, no caso do operador humano, um ato voluntário: escolho, por exemplo, **45**. Se não for, deve ser executada por um mecanismo que seja fisicamente randômico. Por exemplo, podemos colocar três plaquinhas com os números **33, 45 e 123**, e, usando uma engenhoca mecânica adequada (por exemplo, um expulsor de objetos que arremessa um deles depois de fazer girar um disco onde estão colocados), selecionar um.

Mas isso não tem equivalente nos hardwares usuais. Os comandos dos algoritmos, traduzidos em mensagens de baixo nível produziram a abertura e fechamento de determinadas portas lógicas gerando um único resultado.

Isto não impede, obviamente, formular um algoritmo probabilístico. De fato, o uso de algoritmos probabilísticos é rotina na teoria da computação e, como outras entidades do mundo real, podem ser adequadamente simulados por estruturas formais que capturam as características que deveria possuir o objeto real.

Em nosso caso, podemos considerar que a estrutura de probabilidade $\langle U, \Omega, \mu \rangle$ é o modelo teórico do componente aleatório de nosso algoritmo. Assim como o algoritmo formal é um projeto de um método real para a solução de um problema, a estrutura de probabilidade é o projeto de um mecanismo real que forneceria saídas aleatórias, mesmo para entradas deterministas.

Sua implementação prática pode ser feita, como de hábito, por programas que produzem eventos (por exemplo, ocorrência de números) de maneira que não é conhecida para o operador, o que os transforma cognitivamente em aleatórios.

Redes neurais e algoritmos convencionais

O conceito de **RN** convencional é bastante familiar ao público de ciências cognitivas ou **IA**.

Para fixar idéias, considere uma **RN**, como uma estrutura **A** da forma: $\mathbf{A} = \langle \{u_\lambda\}; a(t); \{f_\eta(a_i(t))\}; W_j; \mathfrak{R}; E \rangle (*)$ onde os **u's** são os processadores interconectados considerados como nós (neurônios) da rede; $a(t)$ é a função vetorial de ativação; as f 's são funções que transformam o valor de cada coordenada da função de ativação num sinal de saída e cada W_h é uma matriz que caracteriza às conexões.

$\mathfrak{R}$ é o conjunto das regras que governam o funcionamento da rede, e **E** é o ambiente. [Uma visão sistemática e muito transparente da evolução do conceito de rede pode ser vista em Kovács, 1996, cap. 1-6].

Considerada como estrutura, a rede é de ordem superior a 1a., mas pode ser definida numa teoria de conjuntos que contenha o cálculo diferencial real.

Funcionalmente, é importante perceber que tanto $a(t)$ como **W**, podem ser considerados como codificadores do conhecimento adquirido pela **RN** durante sua fase de treino (cf. ÁVILA GARCEZ; GABRAY, 2001, p. 157). Isto permitirá extrair "conhecimento" simbólico da rede, mas esse é um assunto que vai bem além das pretensões deste trabalho.³

No segundo sentido no qual usamos a expressão *rede neural*, uma **RN** é um programa que simula o funcionamento do *objeto* virtualmente existente, que consistiria na realização da **RN** no primeiro sentido, ou seja, como a estrutura descrita acima.

Em ambos sentidos deve ser clara a relação entre a teoria de **RN** e a de algoritmos. No sentido de programa, uma **RN** roda num computador digital convencional. Como todo programa, deve possuir um conjunto de algoritmos que permite sua execução. O uso de algoritmos para simulação de fenômenos (reais ou virtuais) não algorítmicos não é nada surpreendente e acontece com frequência em computação. Temos programas, por exemplo, para simular fenômenos naturais, como terremotos e tempestades, ou psicológicos, como a conversa entre um psicanalista e

³ O original deste trabalho foi escrito em 1999, e submetido a revisão em outubro de 2001. A relação entre **RN** e métodos simbólicos evoluiu de maneira dramática nesse período e, apesar de meu intuito de atualizar o texto, alguns tópicos podem parecer arcaicos. No entanto, o problema central da estrutura lógica das **RN's** não tem merecido quase nenhuma exploração, o que ainda o mantém atual.

seu paciente. Muitos devem lembrar o famoso Dr. Biatso produzido para o antigo **DOS**, que divertiu aos jovens da década de 80, mostrando como o algoritmo podia ser mais inteligente que a conversa real do analista.

No primeiro sentido, uma **RN**, vista como estrutura, não é um objeto algorítmico. Com efeito, a estrutura (*) captura a *forma* de uma rede neural real, em seus aspectos mais simples; é uma representação *esquemática* de uma teia de neurodos. Mas, por sua vez, é um projeto de processador não pode ser reduzido a um algoritmo. [Ou seja, teoricamente, deveria existir um problema formal bem fundado **P**, tal que existe uma rede neural que resolve **P**, mas nenhum algoritmo resolve **P**].

Na clássica apresentação de McClelland, Rumelhart e Hinton, (RUMELHART; MCCLELLAND, 1987, p. 10 et seg.) as estruturas de processamento paralelo a cujo gênero pertencem as **RN**, são vistas, fundamentalmente, como modelos que "dão conta" (desde uma perspectiva computacional e psicológica) de muitos mecanismos de nossa intuição que não são perfeitamente capturáveis pela computação seqüencial. Mesmo admitindo que o pensamento humano (e a maioria dos processos estudados pela IA, para não falar da ciência cognitiva em geral), se apresenta como uma seqüência de estados, não obstante, é impossível capturar a estrutura interna desse pensamento usando apenas recursos seriais. (RUMELHART; MCCLELLAND, 1987, p.11-12). Ou seja, a vivência de nosso pensamento pode ser vista serialmente (linearmente) ordenada, de tal maneira que cada um de seus componentes é um *estado mental* e que, dados dois estados quaisquer **E** e **E'**, um de ambos precede ao outro no tempo. Contudo, a decomposição de qualquer um desde estados **E**'s não poderá ser feita apenas por processos seriais.

De acordo com este enfoque, a teoria da aprendizagem, ponto relevante no desenvolvimento das teorias de processamento paralelo, não assume como objetivo do aprendizado de uma **RN**, a formulação de regras explícitas, mas a intensificação das conexões numa rede de modo que esta atue *como se* (na expressão dos autores) conhecesse as regras (cf. p. 32).

Esta formulação transparente da epistemologia subjacente à teoria das **RN** mostra que essas estruturas capturam, de maneira relativamente precisa, as características próprias da cognição biológica, especialmente a humana. De fato, seres vivos agem em função de estímulos e aprendem diversas destrezas mesmo sem conhecer as regras desse aprendizado. Além disso, nem sempre precisam uma formulação simbólica do conteúdo do mesmo.

Esta ênfase no caráter "mais que simbólico" e, em particular, "mais" que digital e que algorítmico das **RN**, se manifesta com maior

intensidade nos modelos aplicados a psicologia cognitiva. Isto cria uma espécie de círculo vicioso. Por um lado, o caráter "mais que simbólico" da mente real é capturado nas **RN**, mas, por outro, se justifica esse caráter "mais que simbólico" das **RN** por seu aparente desempenho na explicação de fatos da psicologia cognitiva, especialmente em seu aspectos evolutivos. Em particular, o enfoque paralelo é defendido por alguns autores [vide REIJMAKERS et al., 1996, p. 102 et. seg.] como base da teoria epigenética e contraposto ao caráter "rígido" dos sistemas simbólicos.⁴

De fato, a maior flexibilidade das estruturas de **RN** é consequência óbvia da flexibilidade da cognição real, e isso se reflete nos programas de **RN**, cujos algoritmos possuem maior versatilidade que os dos programas convencionais.

Essa maior 'força' das **RN**, em relação com os algoritmos não deterministas, pode ser utilizada para considerar as estruturas de algoritmo com um *caso particular* das redes neurais.

Com efeito, lembremos a estrutura apresentada em (*):

$$\mathbf{A} = \langle \{u_\lambda\}; a(t); \{f_\eta(a_i(t))\}; W_j; \mathfrak{R}; E \rangle$$

Podemos considerar o seguinte:

- 1) As unidades $\{u_h\}$, agora isoladas, são os *dados* iniciais do problema. Isto é compatível com a definição de *neurodo*,⁵ uma vez que ele é pontual e, no caso geral, pode ser concebido como transmissor e armazenador de dados. Agora, ao considerar os neurodos isolados, eles não podem receber nem transmitir informação nova, mas carregam eles mesmos, *toda a informação* que foi depositada em cada um dos dados. É o caso dos algoritmos convencionais que não possuem *história* da informação nem são suscetíveis de aprendizado.
- 2) Estando as unidades isoladas, o conjunto de suas conexões é vazio ou seja, $W = \emptyset$.
- 3) Sendo os algoritmos independentes do tempo, a função vetorial de ativação é uma constante, cujos componentes representam as coordenadas numéricas de seus dados (que agora são os **u**). Isto é

⁴ Este exemplo é puramente ilustrativo, e não visa apoiar a teoria psicológica em apreço. Em torno destas aplicações algo espetaculares do paralelismo jaz a idéia de justificar algumas teorias psicológicas empiricamente não bem fundadas, como é o caso da psicologia dita genética.

⁵ O neologismo 'neurodo' é utilizado para designar os "neurônios" artificiais das **RN**, e são exatamente as unidades **u**.

compatível com o fato de que $\mathbf{a(t)}$ é uma função real, uma vez que as coordenadas serão números reais recursivos, portanto, reais.

- 4) Nesse caso, as funções f podem ser consideradas como transformações dos dados em saídas, o que é compatível com o sentido original da definição da estrutura de **RN**, mas também com o conceito de algoritmo. Neste caso, as funções devem ser *recursivas* (elas são aplicadas a valores de $\mathbf{a(t)}$ que são números recursivos e produzem saídas também recursivas).
- 5) O ambiente **E** é inessencial, uma vez que um algoritmo convencional não está modificado por ele, como acontece nos algoritmos quânticos. Portanto **E** por ser tomado arbitrariamente grande (pode supor-se que é igual a $\mathbf{R^3}$).
- 6) As regras para *alimentar* as funções f , ou seja, as *receitas* que explicam como relacionar os dados u , com suas representações e seus resultados depois de aplicar as f , devem estar no conjunto $\mathfrak{N}$. Este tipo de regras não estão previstas nas **RN**, mas podem ser consideradas um caso trivial das regras de Hebb. Ou seja, uma regra de aprendizado modifica a capacidade do sistema de adquirir informação. Uma regra de *instrução* pode ser pensada como uma regra que fornece informação com um grau de modificação *zero*.

A situação parece simples na relação **RN** convencional (não probabilística) e algoritmo determinista. Ao introduzir sistemas aleatórios em ambos (**RN** e algoritmos) esta relação se mantém.

As dificuldades maiores, no entanto, está na unificação desta estrutura com as **RB** e os **AG**.

Redes Bayesianas

Nossa conjectura do começo é que pode existir uma estrutura não trivial que unifique os principais métodos computacionais, como **RN**, **RB** e **AG**.

Apesar de ser uma rede no sentido conjuntista (um conjunto dirigido), as redes bayesianas não são propriamente redes neurais, já que sua estrutura não exige a existência de componentes como funções de ativação, regras de aprendizado, e assim em diante.

Para fixar idéias, definimos uma rede bayesiana (**RB**), como uma estrutura formal, que também neste caso é de ordem superior ao 1o, tal que: $\mathbf{B} = \langle D, R \rangle \dots (**) \text{ sendo:}$

- 1) D uma estrutura de tipo menor, cujo domínio é B , um conjunto finito de unidades u_n (os nós), e uma relação $\prec$ não necessariamente total. Os nós representam as variáveis nas quais *colocamos* nosso conhecimento, e a relação estabelece uma conexão que não é pensada como "dinâmica", como no caso das **RN**.
- 2) R é um componente representacional, que armazena a informação de tipo estocástico correspondente a cada estado das variáveis. Do ponto de vista lógico, este componente pode ser enquadrado em diferentes categorias, por exemplo, como subconjunto do produto cartesiano do conjunto de estados vezes o conjunto de probabilidades codificadas, ou como um σ -anel que representa conjuntos borelianos que correspondem às medidas estocásticas dos estados, etc. A forma matemática específica não é essencial para estas considerações.

Intuitivamente, o *estado* de uma variável é o dado específico depositado sobre ela em cada *momento*, ou, em termos mais precisos, qualquer uma de suas medidas.

Por exemplo, se a rede está associada a um sistema especialista para diagnóstico cardíaco, a variável pode ser o ritmo do coração do paciente. O estado da variável será o valor numérico em cada caso, com independência de que cada um desses valores seja ou não correlacionado com o momento em que foi medido. (Normalmente, a idéia de *estado*, em qualquer área da informática, é emprestada da física, onde a variável tempo é essencial. No entanto, em muitos problemas reais só interessam aproximações globais. No exemplo dado, pode interessar apenas a parte do dia em que foi medida a frequência cardíaca).

Como em qualquer outro problema tratável por métodos computacionais, os estados de uma mesma entidade (neste caso, de uma variável) aparecem em número finito. De acordo com a idéia física do estado, dois estados quaisquer E e E' de uma mesma variável x devem ser disjuntos, e a união de todos os estados deve ter probabilidade **1**. (Excluímos variáveis cuja atribuição de valores seja *impossível*. Fora deste caso, o conjunto de estados, mesmo sendo finito, é exaustivo).

Isto permitirá, de maneira natural, introduzir probabilidades de que, para um certo número natural n , a variável corresponda X a esse valor, ou seja, é possível definir de maneira precisa a função: **Prob($X=n$)**.

Uma estrutura assim pode ser considerada probabilística, desde que a relação seja interpretada de maneira relevante aos fins estocásticos. No entanto, como as probabilidades introduzidas até aqui não são necessariamente condicionais, será necessário acrescentar novas propriedades para que esta relação coincida com o sentido habitual de "bayesiano".

Mais formalmente:

Dado o domínio **B** como conjunto de nós (unidades), e uma unidade $u_k \in B$, considera-se uma variável x_k como símbolo para a informação conduzida por u_k .

A imagem de **B** pela função $u_k \longrightarrow x_k$ é o conjunto das variáveis **Var**, contido no universo de símbolos da linguagem (não necessariamente de 1ª ordem) da teoria das **RB**.

Para duas unidades $u, u' \in B$, a relação $u \prec u'$ pode ser considerada como um pré-ordem.

Intuitivamente, é uma relação de ancestralidade, o que sugere alguma analogia com os algoritmos genéticos. O u que precede ao u' na pré-ordem pode ser pensado como o "gerador" desse u' .

Essas relações ficam determinadas, como é de esperar, pelo teorema de Bayes aplicado a probabilidades condicionais. Assim, por exemplo, se $u \prec u' \prec u''$, sendo x, x' e x'' as correspondentes variáveis, então a crença que "merece" x' , sob a hipótese de que se conhecem dados relativos a x e x'' , é dada por:⁶ $Crença(x') = Prob(x' | x \& x'')$ (#) onde a barra vertical indica, como é usual, a probabilidade de x' respeito da conjunção ($x \& x''$). A expressão "Prob" é uma especificação da probabilidade μ , já mencionada, ao caso clássico (probabilidades freqüenciais ou obtidas por convergência).

Exceto no caso da igualdade(#), ou seja, no caso da probabilidade de uma variável em função das variáveis dos nós contíguos, assume-se que os valores das probabilidades das variáveis em quaisquer nós são independentes dos valores assumidos pelas variáveis em outros nós.

Então, uma rede bayesiana é uma estrutura (**) com as condições especificadas em (1) e (2), tal que três variáveis que correspondem a nós pré-ordenados satisfazem a igualdade (#).⁷

Em princípio, pode parecer que as estruturas correspondentes a **RN** e **RB** são de um grau diferente de riqueza, até porque o *suporte* das **RB** pode ser definido em primeira ordem. No entanto, as conexões entre os

⁶ A teoria matemática de probabilidades condicionais é assumida aqui como conhecida. Para o estado da arte em redes bayesianas especificamente, pode ver-se Zhang, cujos resultados chegam até 1996. Resultados mais recentes aparecem de maneira misturada no volume de *Artificial Intelligence* de 2001.

⁷ Para uma introdução amigável às redes bayesianas relativamente recente, vide KWOH.

nós das **RB** estão regidas por probabilidades, o que faz que a atribuição de valores às mesmas consista na atribuição de números reais. Isso implica, pelo menos, uma definição de número real análoga à necessária na atribuição de valores aos pesos do conjunto **W** da estrutura **A** acima, que regem as relações entre os nós (unidades ou neurodos) das **RN**. Considerando a formulação de probabilidades em sua forma intuitiva, que exige a existência de um universo U e de uma σ -álgebra, a estrutura subjacente às **RN** também será de ordem superior.

Por tanto, tudo parece indicar que tanto as **RN** como as **RB**, consideradas em sua plenitude, são de ordem superior à 1a. Mesmo que suas ordens lógicas não fossem equivalentes, em ambos casos o problema seria reduzível a 2a. ordem. (Isto não significa que seu nível lógico seja o mesmo, como será comentado em seguida. As **RB** parecem estar no mesmo nível que a teoria de problemas, enquanto que as **RN** e os algoritmos estariam num nível superior.)

Na teoria clássica de **RN** é obscuro, como acontece quase sempre na matemática intuitiva, qual é a "quantidade" de teoria de conjuntos a ser utilizada. No entanto, ela deve ser, pelo menos, a necessária para definir o diferencial de uma função de várias variáveis, já que isto será utilizado no cálculo do gradiente da função erro para alguns casos clássicos, como a rede de retro-propagação (Cf. KOVÁCS, 1996, p. 71).

No caso das **RB** é mais simples, a teoria de conjuntos necessária é exatamente a que permite definir a teoria da medida. No entanto, não há motivo para pensar que uma das *quantidades* de conjuntos necessários seja *menor* do que a outra. Aparentemente, em ambos casos precisamos ordinais contínuos. Mas, modelos contínuos poderiam ser *grandes* demais, já que as teorias computacionais só precisam ordinais enumeráveis. No entanto, não é claro que a matemática necessária para todas estas teorias possa ser desenvolvida num universo menor.

Uma formalização minuciosa de todos os conceitos usados até agora, incluindo **RB**, seria extremamente tediosa e complicada. Não obstante, conjecturamos, em princípio, que o *nível lógico* das **RB** é *menor* que o das **RN** ou o dos algoritmos, independentemente de que a complexidade matemática possa ser a mesma, e de que todas possam ser reduzidas a 2a. ordem. Os algoritmos podem ser definidos, de maneira geral, num ambiente mais pobre. De acordo com nossa definição anterior de algoritmo $\mathfrak{I}$, a matemática necessária é a teoria das funções recursivas, bastando, portanto, uma teoria recursiva de números. O fato de que sejam necessários recursos analíticos para o desenvolvimento desta teoria é paralelo a, por exemplo, o

uso de métodos analíticos na teoria de números, mas não é imprescindível para sua definição. Já a teoria de RB não pode ser desenvolvida sem uma teoria da probabilidade, mesmo que nos restrinjamos à sua parte algébrica.

No entanto, o nível lógico das **RB** é *mais baixo*, pois está no mesmo nível que a teoria de problemas. Com efeito, dado um problema **P** adequadamente formalizado, a estrutura que o representa pode ser pensada como argumento de um algoritmo ou de uma **RN**. Por exemplo, à estrutura que representa o problema de extrair a raiz quadrada de um número real positivo pode ser aplicado um caso particular do algoritmo que calcula raízes por aproximação. Isto tem o aspecto de valer em geral: ou seja, se um problema é de nível lógico **n**, então, um algoritmo que o resolva deve ser de nível lógico (**n+1**), mas não tenho uma demonstração rigorosa que apóie esta intuição.

Já uma rede bayesiana é ela mesma um objeto do mesmo nível lógico do problema do qual surgiu. Por exemplo, uma rede bayesiana que modela um certo sistema especialista é da mesma ordem que este.

Portanto, uma **RB** não poderá ser obtida como caso particular uma **RN**. A aplicação metodologicamente mais plausível será *colar* redes bayesianas em alguns segmentos de uma **RN**. Uma de minhas conjeturas é que os pesos **W** podem ser substituídos, sem prejudicar suas propriedades, por RB e não apenas por pesos individuais de tipo probabilístico.

Nas redes bayesianas ordinárias, a crença depositada numa variável pode ser calculada conhecendo os estados das variáveis conectadas com ela. Esta idéia pode ser adequadamente transferida para o caso de redes neurais. Ainda, nesse caso será necessário entender em que sentido a crença influi em outros elementos da rede.

Na teoria de **RN**, o uso de probabilidades condicionais é um recurso *externo* (no caso de considerar a teoria como um conjunto de sentenças, essas probabilidades estariam sendo usadas na metalinguagem) para avaliar o aprendizado de uma rede neural quando ela é treinada. As propriedades bayesianas, portanto, permitem saber *de fora da rede* como ela está funcionando, mas não estão representadas por funções e regras da própria rede.

[O problema mantém alguma analogia que cito apenas por razões heurísticas; é, por exemplo, o caso da demonstração aleatória de teoremas. Se quisermos demonstrar que α é consequência lógica de um conjunto de hipóteses Δ , a prova é *determinista*; não há nela nenhuma alusão a probabilidade. Entretanto, se não tivermos a prova, faz sentido perguntar-se qual é a probabilidade da meta-sentença "De Δ deduz-se α ".]

Inclusive, esta aplicação externa de probabilidades condicionais nem sempre implica lidar com as redes bayesianas em sentido estrito. Na prática, na avaliação de treinamento de redes, o conceito de probabilidade pode ser tomado como equivalente ao de *valor difuso* [nebuloso $\equiv$ *fuzzy*], pois, mais que utilizar as propriedades matemáticas da probabilidade, o que interessa é ter um certo espectro de *graus* de aceitabilidade.

No entanto, da mesma maneira em que a computação seqüencial utiliza algoritmos probabilísticos, também é possível pensar métodos de computação massivamente paralela cujos procedimentos sejam *randômicos*. De fato, a teoria da complexidade probabilística usa probabilidades "embutidas" nas redes, o que nos aproxima da possibilidade de relacionar **RN** com redes que usam componentes aleatórios. (Uma das primeiras apresentações desta teoria foi formulada por Parberry; vide BANERJI, 1990, p. 233 et seq.).

Os esquemas de inferência trabalhados cognitivamente por **RN** que usam teoria da probabilidade para expressar informação, podem codificar relações estatísticas entre algumas das características representacionais em apreço. (Vide SMOLENSKY apud RUMELHART MCCLELLAND, 1987, v.1, p.209). Esta propriedade deveria permitir inferir a probabilidade dos diferentes estados do ambiente **E**. Ora, o tratamento macroscópico da informação, por meio de esquemas, é considerado difícil (p. 210) pois não é simples encontrar uma maneira de representar a versatilidade da cognição biológica. Ao reduzir a análise ao nível micro, focalizando a atenção nos átomos de conhecimento, o problema se simplifica, mas nem sempre a diferença entre tratamentos estatísticos e deterministas é relevante. (Observe o comentário no final da p. 210).

Parece, portanto, que as redes bayesianas possuem uma função específica que não é substituída por artifícios probabilísticos usados em **RN**. Por outro lado, capturar a noção de probabilidade condicional numa estrutura que também inclua as **RN** não deve ser difícil.

Para avançar nessa direção, é necessário ter em conta que os pesos de conexão numa **RN**, poderia receber seus atributos numéricos com base em probabilidades obtidas pelo teorema de Bayes, e não apenas como probabilidades fixas, que é que realmente se faz quando se fala em **RN** probabilísticas. Assim, uma conexão entre dois neurodos de índices **i** e **j**, dada pelo peso w_{ij} , poderia estar definida pelos valores obtidos por uma **RB** que tivesse unidades ancestrais e descendentes, vinculadas com u_i e u_j .

Esta *bayesianização* de uma **RN** não lhe faria perder seu caráter connexionista. Com efeito, a matriz de conexão **W** continuará a respeitar a interatividade recíproca, mas agora com pesos fornecidos pelas **RB**.

O problema parece possuir numerosas nuances técnicas, eventualmente, difíceis de abordar, mas não mostra, em princípio, nenhuma dificuldade teórica.

O desafio está, acredito, em encontrar uma estrutura suficientemente fraca como para nos mantermos fora do caso trivial. O modelo minimal transitivo da teoria de conjuntos de Zermelo-Fraenkel não deveria funcionar pela mesma razão que não funciona para as probabilidades físicas.⁸

Redes neurais e algoritmos genéticos

Os algoritmos genéticos [AG] são métodos (formalmente, estruturas) que possuem um algoritmo convencional como base, mas que estão sujeitos a certas operações que *imitam* processos naturais que acontecem entre organismos (como cruzamento ou mutação). A partir de 1995, tentou-se uma unificação entre AG e RN, especialmente no caso de considerar a rede como uma entidade que pode agir como um AG. A metáfora biológica compartilhada por ambos e a preservação da história do processo parecem favorecer este enfoque.⁹

Vamos tentar analisar, primeiro, a estrutura que captura a forma lógica de um AG, e, depois, a estrutura da combinação de AG com uma rede neural.

No entanto, é necessário diferenciar, como acontece no caso de RN e outras estruturas, estas duas perspectivas: (a) combinar procedimentos para obter novos resultados, por exemplo, RN com AG, de maneira que um deles seja aplicado ao outro; (b) e analisar a conexão lógica e fundamentacional de ambos para determinar se um deles baseia ou não o outro.

É nesse último sentido que se desenvolve esta proposta. Obviamente, probabilidades condicionais, inclusive dispostas em RB, podem ser usadas como método para estudar uma RN, e algoritmos quaisquer podem ser aplicados a quaisquer destas estruturas para simular-las

⁸ Este resultado se deduz de uma demonstração para o universo que serve de portador à matemática necessária para a Mecânica Quântica dada por Paul Benioff, do Argonne National Laboratory em 1977. Minha posterior "navegação" por esse campo, influenciou em propostas similares para o campo das RN. No entanto, a citação completa deste assunto foge dos limites deste artigo.

⁹ Tentativas de misturar redes neurais com algoritmos genéticos são relativamente recentes. Vide, por exemplo, Romaniuk em Chambers, p. 75 ss., mas as motivações já aparecem em Holland.

digitalmente. No caso dos **AG**, o duplo uso do método "intuitivo", por um lado, e do fundamento lógico por outro, é ainda mais notório. Há uma confortável modelagem da forma em que uma **RN** pode ser construída usando **AG**, de modo que o **AG** permita controlar seu "crescimento" (Cf. CHAMBERS, 1995, *passim*).

Apesar de que o problema pode ter desdobramentos epistemológicos complexos que não desejo tratar aqui, esta dualidade em geral pode ser exemplificada com um caso mais evidente: o da dupla relação entre uma teoria eletrônica e uma teoria computacional. A última pode servir de ferramenta para calcular, por métodos numéricos computadorizados, o valor das equações de Maxwell para certos campos. Já uma teoria eletrônica serve de base *lógica*, para deduzir, a partir dela, a teoria do funcionamento de um circuito. Isto acontece, por exemplo, quando provamos que um circuito com dois switches paralelos, se corresponde com a disjunção fraca de duas sentenças.

A aplicação de **AG** no desenvolvimento de redes, faz parte da colaboração geral entre modelos computacionais. Todavia, o que pretendemos ver é qual é a estrutura lógica dos **AG**, como se relaciona, se isso é possível, com as de **RN**, e, avançando na direção geral de nossa proposta, como podem ser capturados os três conceitos (**RN**, **RB**, **AG**).

Começamos observando o papel dos algoritmos nos processos de cognição. Um sistema de cognição de certa complexidade, como é o da mente humana e seus *periféricos* (sistema motor, sistema perceptivo), possui um subsistema central que armazena as funções consideradas *superiores*, como inteligência, memória, atenção, etc.¹⁰ Como é habitual, reduzimos a sua mínima influência os processos emocionais, volitivos e afetivos cujo conteúdo de informação não seja significativo.

Em princípio, conhecer é um processo que parece começar com a percepção e combina dados já armazenados pelo subsistema do sujeito, incluindo, eventualmente, componentes cuja origem não possa ser atribuído aos dados externos.

Operacionalmente, o conhecimento supõe a resolução de problemas. Como sabemos, alguns problemas fogem de qualquer caracterização rigorosa e não pode esperar-se que sejam resolvidos de maneira objetiva. No entanto, há uma certa família **P** de problemas que podem ser expressos de maneira formalmente satisfatória. Considerando estes problemas como abstratos, ou seja, como estruturas, aqueles que são

¹⁰ Existe atualmente um consenso sobre esta maneira de ver a cognição. Tenho me guiado especialmente pelo manual de Posner, mas qualquer outro texto moderno serve.

resolúveis por algoritmos são *menos* que os não resolúveis, embora talvez seja suficiente, para os fins cognitivos usuais, poder resolver apenas os algorítmicos.¹¹

Então, um algoritmo permite aumentar nossa carga cognitiva ao resolver um problema. De fato, a solução, se existe, é uma nova informação.

Como foi comentando ao nos referirmos aos algoritmos em geral, os algoritmos deterministas (e ainda os probabilistas convencionais) constituem uma formalização de uma parte muito pequena de nossa maneira de resolver problemas.

Com efeito, enquanto o sujeito humano possui numerosas estratégias flexíveis para resolver problemas, o algoritmo age de maneira rígida e seqüenciada. Ele aplicará um conjunto de regras inicialmente fixado, sobre uma classe de funções recursivas, algumas das quais (não necessariamente todas) contêm as transformações necessárias para modificar os dados e obter a solução.

Esta rigidez não se modifica por recursos convencionais, e exige utilizar **RN** ou outros recursos de **IA**. No entanto, é possível adicionar um acréscimo aos algoritmos convencionais para permitir que eles capturem a história do processo desde o começo da abordagem do problema.

Estes algoritmos *evolutivos* (de fato, os **AG**) incorporam um parte mais dinâmica de nosso processo biológico de resolução de problemas, que aparece de maneira totalmente estática nos algoritmos convencionais.

	Algoritmos convencionais	Algoritmos genéticos
O que simulam, na resolução de problemas?	O processo de aplicar regras passo a passo, com base no conhecimento de passos anteriores e dados fixos (por exemplo, as tabuadas)	O processo de aplicar regras passo a passo, com base no conhecimento de todo o processo prévio de resolução do problema e de dados que podem ser reformulados durante a própria aplicação do AG
A que operações podem ser submetidos?	Composição, substituição, eventualmente, operações aritméticas se o tipo de algoritmo as comporta	Operações que <i>simulam</i> certos fenômenos biológicos, como <i>reprodução e cruzamento</i>
Aspectos comuns com...	São originários	Relações de ancestralidades similares à RB , e modificações <i>espontâneas</i> , tipo RN

¹¹ Na prática, o problema, considerado como coisa real, está circunscrito ao espaço natural e, portanto, satisfaz as propriedades de separação desse espaço. Então, não podem existir *infinitos* problemas concretos, exceto num sentido potencial. Nesse caso, também os problemas não resolúveis por algoritmos são enumeráveis.

Uma estrutura de *algoritmo genético* deve capturar noções consideradas relevantes para a resolução de problemas, as transformando em conceitos que, mesmo conservando sua motivação biológica, tornam-se *artificiais*, podendo, portanto, serem simulados em computadores ou ainda construir-se em projetos de hardware. Trata-se de um passo ainda mais analítico na antiga tarefa de moldar sob formas lógicas (e depois, em realizações físicas) os métodos biológicos e psíquicos de resolução de problemas.

De acordo com o uso corrente de AG, parece que a seguinte estrutura deveria capturar suas principais propriedades.

$G = \langle \mathfrak{S}, \Xi \rangle$ (***) sendo: $\mathfrak{S}$ um algoritmo convencional a ser aplicado sobre seu conjunto de dados, e eventualmente, sobre a estrutura Ξ que faz parte do AG.

Ξ uma estrutura cujos componentes terão uma complexidade que depende do caso específico, podendo variar de ordem. Assumimos, porém, que o domínio de Ξ é único e será chamado X .

Quando $X = \emptyset$, encontramos a estrutura tradicional do algoritmo convencional. Ou seja, (***) se reduz a $\mathfrak{S}$:

O domínio X simula uma população de entidades biológicas: organismos, tecidos, células ou, mas freqüentemente *cromossomos*.

O conceito de *cromossomo*, na simulação que os AG fazem dos processos biológicos, é atribuído, dependendo dos autores e das teorias específicas, a entidades diversas. No entanto, nesta apresentação vamos assumir que os cromossomos são os elementos da população que é o domínio da estrutura Ξ . Ou seja, γ é um *cromossomo* se e somente se $\gamma \in X$.

As operações a que estão submetidos os elementos da população por parte das funções e regras que fazem também parte de dependerão, é claro, da especificação da estrutura para cada problema particular.

No entanto, os *cromossomos* computacionais são suscetíveis de gerar, como seu colegas reais, pelo menos os seguintes processos.

1. Mutação.
2. Reprodução.
3. Cruzamento.

Continuando com o paralelismo natural, os *cromossomos* possuem genes, cujos valores (indicados por dígitos binários ou equivalentes) poderão ser *alterados* para as próximas operações. Como, de fato, estes **AG** são processados em computadores convencionais deterministas, a mutação deverá estar pré-programada.

O **AG** também simula a reprodução de organismos, separando população em duas metades que são compatíveis para se *reproduzirem*.

Com base nessa divisão, os **AG** são capazes de gerar *cruzamentos*, fazendo com que "pais" reprodutores possam produzir novos elementos populacionais.

Veja-se, pelo menos superficialmente, que os elementos das populações se reproduzem e são capazes de receber e *transmitir herança*. Então, a informação probabilística poderá ser comunicada também desse modo, incluindo probabilidades condicionais. Parece natural que a relação biológica de *hereditariedade* capturada pelos **AG**, possa ser tratada em termos de **RB**, de maneira análoga a como foi sugerido no caso das conexões ponderadas **W** das **RN**.

O fato de que hereditariedade seja uma relação num único sentido, enquanto que a conectividade das **RN** é uma interação fortemente dinâmica, não seria um empecilho, uma vez que as **RB** são pensadas apenas, neste caso, como fornecedores de informação probabilística com base condicional, calculada pelo teorema de Bayes.

Conclusões

Apesar do aspecto formal com que aparece na literatura, um algoritmo é também uma abstração de uma propriedade operacional de organismos biológicos, pelo menos, de mentes humanas, que consiste na execução de atos que podem ser perfeitamente completados sem nenhum apelo à criatividade, à imaginação ou a qualquer forma de fantasia subjetiva. Em termos cognitivos, um algoritmo é uma seqüência de passos, cada um dos quais é aplicado obedecendo a uma regra que pode realmente ser aplicada de uma maneira única e precisa, e que pode ser compreendida por qualquer mente estatisticamente normal. Sua base é a digitalidade, comum ao processo artificial e, parcialmente, aos padrões de reconhecimento cognitivo de nossa percepção.

O algoritmo convencional também possui, então, inspiração biológica. De fato, as primeiras "receitas" para fazer contas foram extraídas da própria capacidade humana de decorar "tabuadas" e aplicar processos de contagem.

Aplicar um algoritmo é, portanto, uma combinação de obediência a regras claras e objetivas, de uso da memória e de composição de operações (por exemplo, compomos operações de contagem para obter uma soma entre naturais, e compomos somas entre naturais para obter multiplicações).

Esta composição, que é reconhecível experimentalmente em alguns testes psicológicos sobre a execução de operações aritméticas simples, encontra sua formalização nas regras para compor funções numéricas que mantém a recursividade. (Por exemplo, composição em sentido estrito, substituição, separação, etc.)

A certeza de que os algoritmos convencionais podem ser facilmente formalizados foi sempre tão grande, que mesmo o conceito de algoritmo apareceu tardiamente, e o estudo de sua estrutura lógica é um processo recente. Não obstante, as propostas de receitas para resolver problemas são bem antigas.

Apesar da grande variedade de problemas que podemos resolver por algoritmos convencionais, e sua possibilidade de combina-los com nossa memória ou com a de um computador, as regras do algoritmo só atuam sobre os passos imediatamente anteriores. Um algoritmo não possui, por si mesmo, história. Considerado então como estrutura, ele possui características precisas:

Sua aplicação é seqüencial, exige digitalidade e suas regras não apreendem.

Já os **AG** incorporam, por analogia com a evolução biológica, a idéia de história da informação.

Essa história se transmite através do processo de evolução, imitado pelo **AG** por meio de operações que este pode executar sobre elementos da população e que são mais amplas que as operações restritas que executa um algoritmo convencional, por exemplo, *mutação*, *reprodução* e *cruzamento*.¹² O que dá sua particularidade ao **AG** é o fato de que é possível definir, num algoritmo convencional, operações novas, mas flexíveis, acrescentando uma estrutura populacional cujas operações internas permitem que o conceito de cromossomo, gene, organismo, etc., tenham um equivalente no plano computacional.

¹² As regras de mutação, reprodução e análogas nos algoritmos, podem ser também pensadas como operações sobre os mesmos algoritmos. Uma analogia puramente metafórica, mas que pode ser de interesse aos que possuem uma visão lógica do problema, é a que existe entre estas regras especiais dos **AG** e as regras estruturais de uma dedução por seqüentes. Por sua vez, as regras recursivas normas podem ser comparadas com regras dedutivas que dependem das fórmulas. No entanto, este "parecido" não deve ser levado muito longe, pois possui limitações até na própria programação lógica.

A informação transmitida por ancestralidade pode não ser determinista, na medida em que existam mecanismos aleatórios que possam ser simulados computacionalmente. Ora, essa informação probabilística, pelo fato de ser transmitida evolutivamente, não precisa cingir-se a probabilidades absolutas: podem ser usadas probabilidades condicionais no sentido do teorema de Bayes.

O processo de atribuir probabilidades condicionais, tanto a cromossomos de AG como a conexões ponderadas de RN, que são fortemente interativas, não é perturbado pela diferença entre ambos objetos. De fato, o que desejamos obter ao final são valores de medida que interpretamos como informação. Uma RN poderá aprender novos valores se for treinada em colaboração com uma RB, e um AG poderá fazer *herdar* valores já obtidos.

Por sua vez, as RB parecem precisar de uma ancoragem num artefato computacional, já que, em si mesmas, fornecem informação mas não são métodos de resolução de problemas.

Em princípio, uma estrutura de ordem *grande* poderia abranger estas estruturas.

Com efeito, o modo mais natural de gerar uma estrutura comum a **RN**, **RB** e AG consiste em adicionar os componentes das estruturas, assim: $X = [U, \prec, a(t), f_k, W, \mathfrak{J}, \mathfrak{R}, E]$ onde **U** é o domínio da estrutura e, portanto, o universo das unidades ou nós, para cada um dos casos em que isto seja necessário.

Como foi visto ao observar a dedução de algoritmos a partir de **RN**, no caso de não conectividade, **U** pode ser pensado apenas como o domínio dos dados.

$\mathfrak{J}$ é o algoritmo convencional que serve de base à estrutura (***) e **E** pode ser considerado o ambiente, no caso das **RN**, ou a população, no caso dos **AG**.

Os outros componentes são típicos da estrutura (*), exceto $\prec$ que é característico da estrutura (**) de RB. Este pré-ordem, não obstante, poderia ser entendido, intuitivamente, como a relação de ancestralidade, tanto em (*) como em (**). Há algumas dificuldades para tornar essa intuição mais precisa. No caso das **RN**, por exemplo, esta relação de ancestralidade estaria definida entre a informação dos neurodos e não entre eles mesmos, se quisermos fazer jus ao funcionamento dessas redes. Em fim, o assunto precisa elaboração, ainda.

Em princípio, esta mega-estrutura X pode ser considerada como gerador das outras, por uma adequada *restrição de tipo* (ou seja, *esquecendo* alguns dos componentes) e particularizando outros. Como já vimos ao deduzir os algoritmos convencionais das **RN**, uma particularização é considerar os pesos das interconexões como zero, ou, então, W como vazio.

A restrição de tipo seria análoga à que é bem conhecida da álgebra. Assim, um grupo ordenado, por exemplo: $[G, \circ, e, \prec]$ com a restrição de tipo que omite o último símbolo, se transforma numa estrutura de grupo: $[G, \circ, e, \prec]$

Mas isto é possível porque os axiomas de $\prec$ (no caso, reflexividade, antisimetria, transitividade, e compatibilidade com $\circ$) podem ser *omitidos* da lista geral de axiomas, uma vez que são independentes dos outros. Ao eliminar-los, a teoria se restringe aos axiomas restantes que serão satisfeitos por estruturas *menos exigentes*.

No caso das **RN**, **RB** e **AG**, não é habitual formular axiomas, o que é compatível com o carácter difuso da matemática intuitiva (Mesmo na física, a formulação específica de axiomas ocorre apenas quando é exigido por problemas de fundamentação.) Mas as propriedades que são enunciadas como se fossem axiomas não são de primeira ordem, e sua formulação é, em alguns trechos, impredicativa. Como deve, então, ser eliminado um *axioma* que contenha uma propriedade relativa, por exemplo, a RB, quando se deseja deduzir da estrutura, apenas o caso de **AG**?

Este é um problema complicado. Sua solução equivalerá a dar uma base lógica sólida à matemática usada para redes neurais, como se fez recentemente em outros casos de tratamento logicamente difícil, embora nem tanto como estes.¹³

Uma primeira aproximação deveria ter em conta qual é exatamente a matemática que estas redes precisam. Provavelmente, seria útil um enfoque que utilizasse apenas análise recursivo no sentido feito clássico por Goodstein e outros.¹⁴

¹³ Por exemplo, em 1983, Kopperman encontrou uma formulação de 1ª ordem para a teoria de espaços topológicos separados. O assunto não é de interesse neste artigo, mas serve para mostrar de que maneira seria necessário reduzir uma teoria cuja formulação matemática é apenas "intuitiva" para transformá-la em logicamente transparente.

¹⁴ A análise recursiva é pouco mais que uma curiosidade para lógicos e epistemólogos, mas pode servir de critério para delimitar "quanta análise" vamos utilizar. Uma forma amigável de ver esta teoria está no texto do próprio Goodstein, *Recursive Analysis*, 1964 e nos capítulos sobre recursividade de Bell & Machover, *A course in mathematical logic*, 1976.

Caso seja possível formular uma axiomática consistente com enunciados predicativos finitos, o qual é esperável, deveríamos ter uma lista de sentenças (Σ_ξ) tal que, para cada uma das estruturas típicas de **RN**, **RB** e **AG**, existisse uma sub-sequência (Σ_{ξ_i}) cujo modelo fosse exatamente a estrutura prefixada.

Isto ajudaria a determinar um modelo não trivial, que podia ser adotado como modelo padrão.

Talvez a aritmética de 2ª ordem possa servir de inspiração a esta construção.

Referências

- ANDERSON, J. A.; ROSENFELD, E. (Ed.) *Neurocomputing*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1989.
- AVILA GARCEZ, B.; GABBAY. Symbolic knowledge extraction from trained neural networks. *Artificial Intelligence*, n. 125, p. 155-207, 2001.
- BANERJI, R. B. (Ed.). *Formal techniques in artificial intelligence*. Amsterdam: North-Holland, 1990.
- BELL, J. L.; MACHOVER, M. *A course in mathematical logic*. Amsterdam: North Holland, 1976.
- CAUDILL, M.; BUTLER, C. *Understanding neural networks: computer explorations*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1992. v.1.
- CHAMBERS, L. (Ed.). *Genetic algorithms*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1995. v.1.
- GOODSTEIN, R. L., *Recursive analysis*. Amsterdam: North Holland, 1964.
- HAUGELAND, J. *Artificial intelligence: the very idea*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1990.
- HILLIS, D. *The connection machine*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1985.
- HUTH; RYAN. *Logic in computer science: modelling and reasoning about systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- KOVÁCS, Z. L. *Redes neurais artificiais*. São Paulo: Edição Acadêmica, 1996.
- KWOH, C.-K. et al. Using hidden nodes in Bayesian networks. *Artificial Intelligence*, n. 88, p. 1-38, 1996.
- LUNGARZO, C. A face exata da ciência cognitiva. In: VIDAL, V. *Ciências cognitivas: um enfoque multidisciplinar*. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Oswaldo Cruz, 2002.
- _____. *Questões lógicas nas redes neurais probabilísticas*. Salvador: Publicações da UFBa, 1995.
- _____. *The notion of linearity in neural networks*. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON COGNITIVE SCIENCE, 4, San Sebastián. Espanha: [s.n.], 1995.
- _____. *Logical reasoning under conflictive circumstances*. In: Wittgenstein Symposium, Kirchberg, Austria, 1993.

LUNGARZO, C. *Dificultades para la determinación del status de teorías de la computación*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON STRUCTURES IN MATHEMATICAL THEORIES, San Sebastián. Espanha: [s.n.], 1990.

MANBER, U. *Introduction to algorithms*. Reading: Addison-Wesley, 1989.

RAIJMAKERS, M. E. J. et al. On the validity of simulating development by means of PDP networks. *Cognitive Science*, n. 20, p. 101-136, 1996.

RUMELHART, D. E.; MCCLELLAND, J. L. *Parallel distributed processing*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1987.

VAPNIK, V. N. An overview of statistical learning theory. *IEEE Transactions of Neural Networks*, v. 10, n. 5, 1999.

ZHANG, N. L. Irrelevance and parameter learning in Bayesian networks. *Artificial Intelligence*, n. 88, p. 359-373, 1996.

CRIATIVIDADE, HÁBITOS
E AUTO-ORGANIZAÇÃO

UM ENFOQUE INFORMACIONAL DO PROCESSO DE CRIAÇÃO¹

Ettore BRESCIANI FILHO²
Maria Eunice Quilici GONZALEZ³

1 Introdução

Este trabalho faz parte de um conjunto de trabalhos referentes à modelagem do processo de criação individual (BRESCIANI, 1998; GONZALEZ, 1988), os quais visam estudar a integração das etapas do processo de cognição com as etapas do processo de criação, analisando as relações entre elas a partir da perspectiva da ciência cognitiva. O fenômeno de auto-organização é aqui considerado como parte da explicação do processo de criação.

2 Disciplinas centrais da ciência cognitiva

As denominadas ciências cognitivas, com desenvolvimento dominante a partir de 1950, reúnem as perspectivas que se pode ter do processo de cognição, incluindo diferentes áreas do conhecimento como a filosofia, a psicologia, a linguística, a antropologia, a neurociência, a inteligência artificial e a física, entre outras. Desse modo, as ciências cognitivas se caracterizam por apresentar um enfoque multidisciplinar no tratamento do processo cognitivo.

Contudo, mais recentemente, as *ciências cognitivas* convergiram para se constituir em uma disciplina autônoma com a denominação de *ciência cognitiva*. Essa nova disciplina tem um enfoque centrado na modelagem do processo de cognição através dos métodos computacionais desenvolvidos na inteligência artificial e na construção de redes neurais artificiais. Na perspectiva dessa ciência, o sistema cognitivo é caracterizado

¹Trabalho apresentado nos Seminários sobre Auto-Organização, do CLE-Centro de Lógica, Epistemologia e Filosofia da Ciência, da Unicamp – Universidade Estadual de Campinas, 2º semestre de 1999.

²Professor Titular, aposentado e colaborador, da Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, Campinas, SP. Professor Titular Contratado, do Instituto de Informática, PUC-Campinas, SP. E-mail: brescia@lexxa.com.br

³ Professora Doutora, da Faculdade de Filosofia e Ciências, Unesp, Campus de Marília, SP. E-mail: gonzalez@marilia.unesp.br

através de processamentos de informação que envolvem percepção, memorização e aprendizagem.

A dinâmica de investigação dos processos cognitivos requer, na ciência cognitiva, uma cooperação inter e multidisciplinar, uma vez que, apesar de compartilhar o mesmo objeto de análise, cada uma de suas disciplinas constituintes mantém muitos dos seus princípios e métodos no estudo da cognição. Inicialmente, na década de 70, métodos específicos de modelagem do processo cognitivo apoiaram-se na *psicologia cognitiva* e na *inteligência artificial*. Especial ênfase é dada ao estudo das representações mentais, entendidas como estruturas abstratas de símbolos e imagens processadas à semelhança daquelas presentes nos computadores digitais.

Mais recentemente (a partir da década de 80) métodos de análise e conceitos da neurociência e da física (em especial da mecânica estatística) foram introduzidos na ciência cognitiva, criando-se uma nova vertente denominada *conexionismo* ou *processamento em paralelo de informação*. Os métodos de análise e conceitos emprestados dessas ciências proporcionaram a construção das denominadas *redes neurais artificiais*, que enfatizam a participação de fenômenos físicos *não simbólicos* no processo cognitivo. A ênfase original no estudo das representações mentais constitui, atualmente, assunto de grande polêmica na ciência cognitiva, tendo sido objeto de críticas por parte dos adeptos da ciência cognitiva dinâmica que defendem uma concepção não-representacionista do conhecimento. Sem entrar em detalhes sobre tal polêmica, pelo menos para o momento, convém introduzir alguns conceitos básicos da ciência cognitiva tradicional, lembrando que o objeto do presente estudo é o *processo de criação* e a identificação da presença do fenômeno de *auto-organização* como parte desse processo.

Na busca dos conceitos fundamentais explicativos do funcionamento do sistema cognitivo procurou-se utilizar [na década de 1950] a teoria da informação e a ciência da computação que tradicionalmente vinham sendo aplicadas aos estudos dos processos de resolução de problemas. Ambas envolvem o estudo do processamento de símbolos e estudam os mecanismos da transmissão, comunicação e recepção de sinais, utilizando conjuntos de unidades básicas de informação, com a possível presença de ruído. Elas também permitiram a construção de diagramas de fluxo para representar o processo de pensamento, mas apresentaram dificuldades para tratar [somente através de um conjunto de unidades básicas de informação] as informações que possuem conteúdos e significados. Para superar essas dificuldades, adotou-se um procedimento experimental no qual o sujeito (objeto de estudo) é submetido a determinadas solicitações, observando-se o seu comportamento lingüístico, como no método de

estímulo – resposta adotado pelo behaviorismo.⁴ Desse modo foi possível considerar também as informações com significados e as representações mentais supostamente presentes nos processos cognitivos dos indivíduos.

Cabe neste ponto o destaque de um dos trabalhos fundamentais a partir do qual surgiu a concepção de um modelo geral da *arquitetura da cognição* denominado *controle de adaptação do pensamento* (ANDERSON, 1983). Nesse modelo descreve-se um diagrama de fluxo da informação que se supõe presente no processo cognitivo, sem levar em conta o tipo de conteúdo (visual, verbal, etc.) dessa informação. Além disso, tal modelo considera que as habilidades responsáveis pela percepção, memorização e aprendizagem funcionam de modo semelhante, independente do conteúdo específico de cada modalidade.

Incorporando alguns dos programas de pesquisa da psicologia cognitiva, a ciência cognitiva reúne duas categorias principais de unidades de análise: unidades *moleculares* ou de pequena escala e unidade *molar* ou de grande escala (GARDNER, 1997, p. 110-133). Na primeira, ou seja no tratamento *molecular*, encontram-se os programas que utilizam conceitos da computação e da física aplicados à psicologia (psicofísica). Essas disciplinas tratam do problema de explicar a natureza da cognição humana através de unidades de pequena escala, identificadas em um tempo relativamente curto e passíveis de serem representadas por um conjunto de unidades básicas de informação. Pretende-se com isso estudar os processos elementares, constitutivos da atividade cognitiva, e a partir deles compreender os processos mais complexos. Na segunda, ou seja no tratamento *molar*, incluem-se os programas que observam os problemas através de unidades de grande escala e durante longos períodos de tempo. Esses programas se aproximam mais das informações e experiências da vida quotidiana e utilizam conceitos sistêmicos como aqueles de *estratégia* e *estrutura*.

Os tratamentos *molecular* e *molar* assemelham-se aqueles métodos de análise denominados, respectivamente, *ascendente* e *descendente*. No primeiro, admiti-se que as tarefas elementares executadas pelo sujeito, no plano microscópico, exercem influência dominante na sua organização mental, e consequentemente, no seu comportamento. No caso

⁴ Ainda que inicialmente a ciência cognitiva tenha proclamado uma ruptura com os princípios do behaviorismo, na realidade ela preserva os métodos behavioristas, para estabelecer os procedimentos de análise e verificação do comportamento. Uma aparente ruptura entre a ciência cognitiva e o behaviorismo situa-se na ênfase dada inicialmente pelos cognitivistas ao estudo das representações mentais. Contudo, conforme mencionamos, atualmente tal ênfase encontra-se enfraquecida no interior do paradigma cognitivo, principalmente com o desenvolvimento da ciência cognitiva dinâmica.

do enfoque descendente considera-se que a organização mental do sujeito, estruturada no plano macroscópico, que inclui a análise de esquemas conceituais, direciona o fluxo das tarefas elementares, definindo o seu comportamento.

Convém ainda mencionar que a utilização do *computador*, como instrumento para a elaboração de modelos para simular os processos cognitivos, ajusta-se tanto ao tratamento molecular quanto ao molar. Assim, por exemplo, o tratamento molecular pode ser identificado quando se empregam os conceitos de unidade básica de informação, símbolos e circuitos digitais lógicos associados à construção e operação física do computador (hardware). O tratamento molar, por sua vez, pode ser identificado quando se faz uso dos conceitos de programação computacional em diferentes linguagem (software). Em decorrência da utilização do computador, muitas das investigações desenvolvidas na ciência cognitiva (em especial na Inteligência Artificial) apresentaram modelos de funcionamento da mente estabelecendo-se etapas de processamento *em série* da informação, com características tipicamente descendente. Posteriormente, com os conceitos da física e da neurociência, outras linhas de pesquisa visaram construir modelos com características ascendentes e com processamento *em paralelo* da informação, como é o caso dos modelos conexionistas.

Além disso, pode-se considerar o funcionamento da mente sob uma perspectiva modular. Nessa perspectiva, as atividades da mente ocorrem em módulos separados, com processos seriais ou paralelos, mas interligados de uma forma ainda pouco conhecida. Os módulos executam atividades associadas aos processamentos da informação (visual, verbal, etc.). Esses processamentos podem ser conduzidos segundo a orientação de um único módulo (processador central) ou, alternativamente, através de módulos interligados. Em contraste com a perspectiva modular, identifica-se também uma perspectiva segundo a qual o processamento de informação é distribuído por toda a rede de unidades de processamento de um modo não localizado e não especializado.

3 O papel da psicologia cognitiva na ciência cognitiva

Os psicólogos cognitivos, bem como a maioria dos cientistas cognitivos, consideram a mente humana como um sistema de processamento de informação. De modo a compreender a influência dos primeiros nos segundos, convém descrever alguns dos conceitos desenvolvidos na psicologia cognitiva, em especial os conceitos de *representação mental*, *memória* e *raciocínio*.

A psicologia cognitiva tem como objeto de estudo a mente humana buscando o desenvolvimento de teorias gerais que explicam a capacidade cognitiva. Ela procura responder a questão: qual a arquitetura da cognição que possibilita a sua capacidade de processamento de informação em geral? De acordo com essa ciência, o sistema cognitivo, entendido como um sistema de processamento de informação, compreende *representações* na forma de *estrutura de dados e processos de operação* dessas representações. Acredita-se que uma resposta preliminar à questão formulada sobre a arquitetura cognitiva pode ser encontrada na identificação das propriedades gerais das representações e dos processos que organizam essas representações.

Uma *representação mental* é caracterizada, em geral, como uma estrutura abstrata de símbolos organizada na forma de um padrão informacional declarativo ou imagético. A informação *declarativa* (também denominada informação explícita) constitui as *proposições* representadas através da linguagem. As representações não proposicionais são interpretadas as vezes como sendo *imagéticas* (STILLINGS et al, 1987).

O processo de operação das representações é tratado como um problema de informação de *procedimento* (também denominado de informação implícita, ou ainda, de informação tácita). Esse processo pode ser conduzido de modo controlado ou automático (não-controlado) para se atingir um determinado objetivo. A herança deixada pela psicologia cognitiva à ciência cognitiva, no que diz respeito à hipótese representacional da mente, tem sido compartilhada, desde a década de 60, pelos filósofos e lingüistas que atualmente debatem o valor de tal hipótese.

Um outro conceito bastante caro à psicologia cognitiva, que foi adotada pela ciência cognitiva, é aquele de *memória*, vista como um receptor de representações que são registradas e armazenadas para futura recuperação quando se fizerem necessárias. Considera-se que a memória pode ser desenvolvida através de um mecanismo constituído de três estágios: *aquisição*, que corresponde ao período de tempo no qual se obtém as informações que deverão ser lembradas; *recuperação* que corresponde ao período de tempo no qual ocorre a adaptação ao conhecimento, que deverá ser utilizado em uma determinada situação de processamento de informação; e *retenção*, que compreende o período de tempo entre a aquisição e a recuperação. A memória pode ainda ser classificada como sendo de curto ou de longo prazo. Ambas constituirão a matéria prima a partir da qual se desenvolverá o raciocínio.

O *raciocínio* envolve a utilização de informação para se chegar a conclusões a partir de certas premissas, podendo ser dedutivo, indutivo ou abdutivo. Em geral o que se observa muitas vezes é que o raciocínio

dedutivo, que apresenta princípios normativos gerais e formais para tratar as informações, independentemente de um contexto em particular, nem sempre é adotado no raciocínio cotidiano. O que se utiliza é um raciocínio de natureza heurística que se mostra eficaz e eficiente na maioria das vezes, mas em algumas situações conduz a erros. Esse raciocínio não-dedutivo, também conhecido como raciocínio abduutivo (GONZALEZ, 1988) inicia-se com a detecção de anomalias e desenvolve-se no sentido de encontrar hipóteses a partir das quais tais anomalias deixariam de ser entendidas como problemáticas. Uma vez encontradas tais hipóteses extraem-se as consequências de se assumi-las como sendo verdadeiras. Finalmente, testes indutivos são realizados para verificar a extensão do seu domínio de aplicação.

Como observação complementar, cabe destacar que a perspectiva da ciência cognitiva tradicional não leva em conta a influência de fatores sociais, culturais e psicológicos relacionados à personalidade e à motivação no processo cognitivo. Essa observação é particularmente importante para o estudo do processo de criação, pois coloca logo de início uma questão fundamental: como poder-se-á conhecer o processo de criação sem considerar os aspectos da personalidade, de aceitação sócio cultural e da motivação? Felizmente esses aspectos começam a atrair a atenção dos cientistas cognitivos nos últimos anos e novos modelos cognitivos tem sido propostos, como por exemplo o modelo esboçado por Frawley (2000).

4 O papel da inteligência artificial na ciência cognitiva

Ainda na década de 50, surge um grupo de pesquisadores, com formação em matemática, lógica e computação, interessados em investigar a natureza do comportamento inteligente. Eles iniciaram um campo de estudos que passou a ser denominado *inteligência artificial* (IA) do qual se destacam nomes como McCarthy, Minsky, Simon e Newell.

Entre as diferentes definições de IA uma que possui grande aceitação é a seguinte: a inteligência artificial é uma área de investigação científica que tem por objetivo estudar o comportamento inteligente, ou aquele aspecto da mente que pode ser simulado ou modelado pelo computador, de tal forma que a simulação (modelo) apresente as características centrais encontradas no comportamento inteligente. A IA divide-se em IA forte e fraca. A IA forte defende a tese segundo a qual um modelo computacional bem elaborado será considerado inteligente se sua atuação não puder ser diferenciada daquela de um ser humano inteligente. Em situações bem sucedidas diz-se que o modelo passou no *teste de Turing* (o primeiro a propor um modelo computacional da mente). A IA

fraca, entretanto, admite que tal modelo, por si só, não seria considerado inteligente, mas poderia constituir uma simulação útil para se entender o comportamento inteligente.

Entre as diferentes capacidades associadas ao comportamento inteligente destacam-se aquelas envolvidas nos processos de *aprendizagem* a partir da experiência, nos mecanismos que possibilitam respostas rápidas e adequadas às situações novas, no controle do meio-ambiente, na atividade de resolução de problemas, nas tomadas de decisões, entre outros. O objetivo da IA é a construção de máquinas que permitam a simulação (ou reprodução) do comportamento inteligente, de acordo com essas capacidades. Contudo, os resultados obtidos até o momento, apesar de estarem contribuindo significativamente para a automação de diferentes tarefas que requeiram alguma inteligência, estão longe de simularem as capacidades citadas. A capacidade que mais chamou a atenção dos estudiosos do assunto nas décadas de 70-90 foi aquela relacionada à resolução de problemas e tomada de decisões (TURBAN,1995, p.443-444).

A *atividade de resolução de problemas* é um tema que se superpõe ao do *raciocínio* e muitas vezes ambos são tratados pelas mesmas teorias. Contudo, a primeira focaliza as situações nas quais princípios específicos são requisitos para um determinado domínio de atividade e nas quais longos períodos de processamento de informações são necessários para se atingir uma determinada meta. Algumas das observações mais interessantes podem ser encontradas na solução de problemas dos tipos: novato e especialista. No primeiro caso são estudados os conceitos que caracterizam a solução de problemas em domínios relativamente pouco conhecidos pelas pessoas, ao contrário do segundo caso no qual são estudados o desenvolvimento e a organização do raciocínio de pessoas com conhecimento profundo em um domínio específico. Admiti-se que os raciocínios abduutivo, dedutivo e indutivo, envolvidos na detecção e solução de problemas do tipo novato e especialista, contribuem para o *processo de criação*, pelo menos no domínio das atividades lógicas e matemáticas.

Um dos trabalhos pioneiros da IA na investigação da atividade de resolução de problemas é o *solucionador geral de problemas* (GPS - General Problem Solver), de Newell, Shaw e Simon. Estes pesquisadores pretendiam simular, e assim explicar através do GPS, o processo de resolução de problemas formais. Grosso modo, o programa desenvolve-se segundo as seguintes etapas: enuncia-se a situação atual descrita por uma situação-problema e também o objetivo final desejado; compara-se a situação atual com o objetivo final. Se estas duas situações coincidirem, então o problema foi resolvido; caso contrário, o solucionador indica a diferença e procura métodos para reduzir tal diferença.

Outro trabalho destacado na ciência cognitiva é aquele que estabelece um modelo de funcionamento da mente com a denominação de *sociedade das mentes* (MINSKY, 1986). Nesse modelo a atividade mental é considerada como constituída de muitos processadores (agentes) especialistas diversificados, atuando simultaneamente, não a partir de um único processador central de informação. Os processadores se comunicam, estimulando ou inibindo uns aos outros, de acordo com as circunstâncias.

Conforme foi ressaltado, a ciência cognitiva utiliza-se de técnicas de simulação computacional para esclarecer, através da criação de modelos, como os seres inteligentes executam tarefas que envolvem raciocínio. Essa prática de simulação da atividade inteligente é também utilizada para aperfeiçoar as próprias técnicas de modelagem. Contudo, os métodos utilizados na ciência cognitiva são diferentes daqueles empregados na psicologia cognitiva: na primeira busca-se desenvolver e verificar programas de computador que representem as características da inteligência. Em geral essa prática exige que o processo de cognição seja passível de formalização. Na psicologia cognitiva, entretanto, essa formalização não é possível devido ao limitado controle que se pode realizar na experimentação direcionada à observação do comportamento humano para inferir os mecanismos presentes no processo cognitivo. Ou seja, a psicologia cognitiva lida diretamente com a mente humana enquanto que a inteligência artificial lida com artefatos.

De qualquer forma, acredita-se que os métodos da ciência cognitiva e da psicologia cognitiva sejam complementares e que esses dois campos de investigação contribuam para explicitar o problema da representação do conhecimento (ou informação) e do *processo* de operação da representação do conhecimento (ou informação) pela inteligência.

Finalmente, cabe chamar a atenção para o fato que a natureza de muitos modelos propostos pela IA para os processos de raciocínio, de solução de problemas e de tomada de decisão não tratam do significado dos argumentos, pois eles são constituídos tão somente de regras formais da lógica e da estatística que relacionam argumentos no plano sintático. Conforme será explicitado, o mesmo não ocorre com os modelos de redes neurais que lidam com o conteúdo das representações. Estes são inspirados no comportamento dos seres humanos que tendem a raciocinar de maneira informal, nem sempre respeitando regras lógicas.

5 O papel das redes neurais artificiais na ciência cognitiva

As principais críticas feitas à perspectiva cognitivista tradicional da mente resumem-se geralmente ao fato que, nessa perspectiva, considera-se que o processamento de informação é localizado e recebe um

tratamento *seqüencial* de regras. Na década de 80, em parte decorrente dessas críticas, ampliou-se a perspectiva cognitivista para a conhecida *perspectiva conexcionista*, com a introdução de computações através de redes neurais. Com isso a cognição passa a ser considerada como emergente de um estado global do sistema de processamento de informação, a partir de uma rede constituída de componentes simples. A perspectiva conexcionista também se apoia na atividade básica de processamento de informação, mas reúne a esta algumas hipóteses centrais da teoria da auto-organização, da mecânica estatística e das neurociências a respeito da dinâmica da atividade cerebral.

Convém destacar que esse processo de emergência de um estado pode incorporar a idéia da existência de um processo de *auto-organização*. Basicamente o novo conceito é a seguir resumido. Considera-se a existência de um sistema constituído de componentes (neurônios) conectados entre si. Cada componente é ativo em seu meio-ambiente local e está conectado a outros componentes também ativos em seu meio-ambiente local. Cada componente opera com as suas regras e se conecta a outro de acordo com algumas regras comuns. Em decorrência da interação entre os componentes em seus ambientes locais, emerge espontaneamente um estado do sistema com propriedades globais. Esse processo de emergência - que é espontâneo, dinâmico e sinérgico - é denominado *processo de auto-organização*. Através dele, o estado global de um sistema emerge sem o controle de um agente central ou de programação de uma unidade que ordene a ativação ou conexão dos componentes.

Nesse contexto, o processo de aprendizagem, por exemplo, pode ser visto de duas formas distintas: na perspectiva da psicologia cognitiva a aprendizagem é considerada como um processo no qual ocorre definição, com precisão crescente, das representações do mundo exterior; na perspectiva conexcionista a aprendizagem é considerada como um estado global de um sistema (dependendo de sua história), no qual as regras de aprendizagem e a história da conexões entre os seus componentes afetam as conexões presentes. Apesar de divergentes, essas duas perspectivas se assemelham quando apresentam a idéia de que é possível a representação do mundo real e que o indivíduo envolvido tem a capacidade de elaborar representações; mas diferem quando descrevem o modo como as representações são obtidas.

6 Modelos informacionais dos processos de cognição e de criação

6.1 Modelo informacional do processo de cognição

A maioria dos modelos informacionais do processo de cognição caracteriza um *sistema* [indivíduo, organização de indivíduos] como incorporando as funções de receptor, processador e emissor de informação. Essas funções compreendem: (a) a *sensação*, entendida como um processo inicial através do qual o sistema receptor recebe informações na forma de sinais e mensagens provenientes de emissores externos através de canais ramificados de comunicação; (b) a *percepção*, descrita como um processo que envolve o tratamento da informação no qual o receptor pode aceitar ou rejeitar a sensação, que provem do exterior na forma de filtros especializados para selecionar sinais ou mensagens e (c) a *cognição*, entendida como um processo de tratamento da informação no qual o receptor passa do reconhecimento à compreensão da informação de acordo com os seus mecanismos receptores, organizando-os coerentemente. Acredita-se que tais mecanismos se desenvolvem da seguinte forma: a informação proveniente do exterior é inicialmente colocada na *memória*, provocando a sua *reorganização* através da formação de novos conhecimentos. Tal informação pode também desencadear uma ação que modifica o comportamento do sistema. Nessa perspectiva, a *ação* é entendida como a reação do receptor à informação que, sendo devidamente processada, passa a modificar decisões e comportamentos. Essa ação eventualmente pode ser considerada inexplicável (ruído) para todos aqueles que ignoram a circulação de informação que é relevante para o receptor; além disso poder ser uma fonte de nova emissão de informação elaborada e tornada relevante para outros receptores.

Nessa perspectiva, Anderson (1996) propõe as seguintes hipóteses explicativas dos processos envolvidos na aquisição e ampliação do conhecimento:

- 1) A *percepção* trata do modo como se reconhece aquilo que se encontra através da visão, da fala e de outros tipos de reconhecimento de padrões informacionais existentes na realidade exterior. A percepção não é entendida somente como o registro de informação sensorial que chega através dos órgãos sensoriais, mas entende-se que ela combina tal informação (visual, auditiva, etc.) a partir da experiência global do sistema. O processo de percepção visual, por exemplo, é aqui dividido em duas fases: na primeira informações sobre os objetos são extraídas da cena visual e na segunda os objetos e suas formas são reconhecidos considerando-se as condições de possibilidade do sistema em questão.
- 2) A *atenção* refere-se usualmente à seleção de recursos informacionais que focalizam a percepção de determinados objetos em detrimento de

outros. Nessa perspectiva, Anderson considera que o processo de atenção se dá em duas fases: inicialmente ocorre a focalização nos estímulos que caracterizam os elementos de informação do meio ambiente, surgindo posteriormente a síntese desses elementos na forma de um padrão de reconhecimento do objeto. Faz-se também uma distinção entre os processos cognitivos automáticos e os processos cognitivos controlados (se bem que a consideração mais correta seria levar em conta graus variados desses processos); no estudo dessa distinção verifica-se que quanto mais uma tarefa é praticada pelo indivíduo menos atenção é requerida para ser executada.

- 3) A *memória* é estudada a partir de dois modos complementares: considerando-se a forma como a informação entra e é codificada, e o modo como a informação é retida e recuperada no sistema cognitivo. No primeiro caso, a informação proveniente do meio-ambiente tende a permanecer transitoriamente nos sensores e a seguir, para não se perder, segue para a memória de curta duração, de limitada capacidade de retenção, na qual deve ser trabalhada através dos mecanismos de associação e repetição envolvidos no processo de aprendizagem, antes de ser depositada na memória de longa duração (relativamente permanente).

O segundo modo de estudar o assunto, que complementa o anterior, consiste em verificar como a informação é retida e recuperada na memória. Inicialmente existe a dificuldade encontrada pelo indivíduo, não para apreender mas para lembrar-se da maior parte daquilo que foi apreendido. Tal dificuldade ocorre seja por que a informação realmente desapareceu da memória ou por que ela não consegue ser recuperada, e além disso, determinada informação pode ser lembrada em um contexto e não em outro. Quanto à recuperação, pode-se mencionar que o sistema utiliza-se do que consegue se lembrar para inferir sobre o que mais precisa lembrar; ele freqüentemente procura julgar mais a veracidade do que a exatidão das informações recuperadas, elaborando as informações e buscando recuperar o que já verificou e também fazer inferências sobre o que não verificou. O sistema utiliza-se de esquemas para fazer inferência sobre aquilo que verificou. Além disso, a organização hierarquizada da informação parece facilitar a sua recuperação, o mesmo ocorrendo quando o contexto externo ajusta-se à verificação do assunto a ser memorizado.

Um outro aspecto adicional importante é a classificação da memória em duas categorias (nesse caso, a classificação é aplicada aos seres humanos devido à introdução do conceito de *consciente*): *memória explícita* e *memória implícita*. A memória explícita é aquela que se desenvolve em estado de plena consciência durante o acesso à informação,

e a memória implícita é aquela que não requer consciência durante o acesso à informação. Nesse último caso, interpreta-se a não consciência no sentido que se identifica a informação [se está ciente dela] mas não se consegue descrevê-la ou mesmo classificar sua ocorrência. Esses conceitos estão associados àqueles, já discutidos, de *informação declarativa* (explícita ou proposicional) que se refere, por exemplo, às tarefas que podem ser descritas, e de *informação de procedimento* (implícita ou tácita) que diz respeito, por exemplo, ao modo de executar essas tarefas.

Com essa breve síntese dos pressupostos fundamentais da ciência cognitiva, pretende-se, a seguir, investigar o processo de criação a partir do seu enfoque informacional.

6.2 Modelo informacional do processo de criação

O modelo informacional do processo de criação aqui apresentado é adaptado do modelo proposto por Csikszentmihalyi e Sawyer (1995, p.338). Esses autores fazem referência e ampliam o modelo de Hadamard (1949), mas não mencionam o modelo tradicional anterior de Wallas (1926). No modelo aqui apresentado busca-se a integração dos denominados enfoques intrapsíquico e interpssíquico, pois admite-se que o processo criativo envolve um círculo recorrente de relações da pessoa com o domínio (área ou assunto de trabalho ou de conhecimento) e com o campo (ou meio ambiente social constituído particularmente de indivíduos experientes no domínio) segundo as etapas sequenciais a seguir descritas que envolvem: preparação, incubação, iluminação e elaboração, seguida de verificação e comunicação. Trata-se de um modelo aplicado aos sistemas humanos, mas pode-se ampliar a sua aplicação substituindo e adaptando os conceitos de consciente e inconsciente (ou subconsciente).

A *preparação* é uma fase do processo criativo em que o indivíduo encontra-se estimulado por pressões externas ou internas, envolvendo, muitas vezes, um trabalho consciente de consideração de situações que se apresentam como problemáticas. Trata-se de uma etapa do processo racional do pensamento que fornece informação para o *subconsciente* (palavra utilizada no lugar de *inconsciente*) que começará, então, a operar. Esta etapa envolve, em geral, a concentração de *atenção* em relação a um problema ou vários problemas que requerem solução durante um tempo suficientemente longo para a compreensão das variáveis neles envolvidas. As características de motivação, cognição e socialização do indivíduo, que se manifestam na forma de impulsos de curiosidade e interesse pelo assunto, associados ao acesso às informações, estão envolvidas nesta etapa.

A *incubação* caracteriza aquele período de inquietação intelectual em que a mente seleciona informação em busca de solução para algum problema, sem um rumo ou caminho claramente estabelecido. Esta fase envolve um processo que para alguns é ativo e orientado e para outros é um processo de combinação ao acaso, abaixo do limite da consciência. Quanto a questão do tempo de duração observa-se que o processo denominado *problema apresentado* é de curta duração e o processo de *problema descoberto* é de longa duração. No processo de solução do problema apresentado, o problema é conhecido e apenas precisa-se encontrar uma solução; neste caso o indivíduo se defronta com um problema formulado dentro de um paradigma científico tradicional. No processo de verificação do problema descoberto, a natureza do problema é pouco conhecida e o problema somente consegue ser formulado no momento da iluminação; nesse outro caso, o indivíduo enfrenta uma inquietação intelectual ou existencial de sentido geral, fora de um contexto paradigmático (CSIKSZENTMIHALYI; SAWYER, 1995).

A *iluminação* caracteriza a etapa do processo de criação na qual, após um período de inquietação, o subconsciente combina ou seleciona uma idéia (de modo pouco conhecido) contribuindo para a sua emergência na consciência (experiência do aha!). Diferentemente da etapa de preparação, que é considerada como um processo de *memorização de informação*, a etapa de iluminação é vista como um processo de *recuperação de informação* que se inicia no subconsciente e que resulta em um *padrão* suficientemente intenso para emergir na consciência de um modo indireto, envolvendo um certo grau de aleatoriedade, a partir da rede de processamento subconsciente de informação.

Finalmente, nas etapas de *avaliação e elaboração*, a idéia que surge na etapa anterior mostra-se útil após uma análise da mente consciente do indivíduo criativo e após uma elaboração para apresentação pública da mesma. Essas etapas, bem como aquela de preparação, dependem muito do modelo social de internalização do campo e do domínio, caracterizando um processo de filtragem inverso ao da iluminação no qual as informações passam pela consideração das relações sociais interpessoais.

Quanto à etapa de *incubação*, Csikszentmihalyi e Sawyer acrescentam que as influências dos fatores sociais decorrentes do campo e do domínio passam a agir como principais meios de controle: o indivíduo assimila as hipóteses e as regras de um determinado domínio através do processo de aculturação, e essa assimilação permanece como *filtro* nos limites entre o processamento consciente - subconsciente. O subconsciente não pode ser manipulado diretamente, mas apenas indiretamente pela criação consciente e pelo desenvolvimento desse filtro que já se inicia na etapa de preparação.

Tanto para a etapa de *preparação* como para a de *incubação*, Csikszentmihalyi-Sawyer sugerem a existência de um *modelo mental de três fases* aplicado às duas categorias de problemas (apresentado e descoberto), fases que são desenvolvidas através da socialização profissional. Na primeira fase, denominada *atenção consciente*, os estímulos para a atenção são provenientes do campo, do domínio e da própria pessoa nas formas de predileções programadas, motivos apreendidos, interesses socializados e valores culturais. Contudo, apenas alguns conjuntos de elementos (chunks) de informações podem ser considerados em cada momento. Essa fase caracteriza-se por um *processamento serial de atenção dirigida*, em uma transformação diacrônica. Na segunda fase, denominada *seleção semiconsciente*, as informações relevantes - que devem passar do consciente para o subconsciente - são selecionadas por um filtro. Esse filtro sofre a influência do campo e do domínio e, particularmente, da própria pessoa em função de características da personalidade como a curiosidade e a motivação. Na terceira fase, denominada *processamento subconsciente*, os múltiplos conjuntos de informações podem ser considerados simultaneamente através de uma rede de entidades de processamento subconsciente conduzido de forma distribuída e paralela; esta fase caracteriza uma transformação sincrônica (semelhante aquela da sociedade da mente proposta por Minsky, 1986).

O modelo apresentado sugere que a criação científica revolucionária envolve também os três níveis do processo inconsciente de *problema descoberto* e que a criação científica normal se utiliza mais do processo consciente típico da resolução de *problema apresentado*.

6.3 Modelo informacional proposto: integração dos processos de cognição e criação

Para iniciar a discussão sobre o tema indicado no título deste trabalho, propõe-se um modelo informacional geral que permite a integração dos modelos informacionais descritos para a cognição e para a criação.

No processo de criação, a etapa de *preparação* se utiliza das etapas de sensação, percepção e atenção do processo de cognição para obter as informações consideradas relevantes pelo indivíduo, a partir de sua comunicação com o meio-ambiente. Nessa etapa, o indivíduo recorre à memória externa; mas também se utiliza da memória, anteriormente elaborada na etapa de cognição a partir da qual extrai informações de referência para comparar com aquelas obtidas externamente e decidir sobre a relevância das mesmas de acordo com o seu desejo.

Com a descrição acima, sugere-se que a etapa de *preparação* é em grande parte um processo conduzido pelo indivíduo de uma forma

consciente e racional. Em contraste, nas etapas de *incubação* e de *iluminação* o conhecimento é criado através da recuperação das informações na memória, e da reestruturação (reorganização) dessas informações em um novo padrão, sem o controle de mecanismos racionais. Essas etapas têm as características de um processo autônomo no indivíduo e ocorrem, em grande parte, como um *insight* de forma inconsciente.

O processo de criação se completa nas etapas de elaboração, verificação e comunicação, que correspondem predominantemente à etapa da ação desenvolvida no âmbito do processo geral de cognição que é, finalmente, compartilhado com a coletividade.

7 O fenômeno de auto-organização no processo

As etapas do processo de criação parecem ocorrer predominantemente na sequência indicada. Contudo, elas não ocorrem, necessariamente, como um processamento em série de informações, ou seja, como um processamento linear com as diferentes etapas ocorrendo em sequência, mas podem ocorrer num processamento em paralelo de informações, em diversas direções (arborescente) e em paralelo. Pode ocorrer que uma parte das informações seja processada sequencialmente e outra parte paralelamente, mas não obrigatoriamente estes processos precisam acontecer ao mesmo tempo.

Além disso, caracterizando a natureza complexa do sistema, ocorrem por vezes processamentos recorrentes com direções circulares dentro e entre as diferentes etapas. Neste caso, verifica-se a presença da realimentação de informações – ou causalidade circular - com a qual cada etapa afeta a si própria e as demais sendo afetadas por elas. No final do processo, as informações processadas se completam estabelecendo, idealmente, um conjunto de informações coerentes, e um curso de ação e comunicação apropriados.

Na medida em que a criação parece ocorrer de forma autônoma, pelo menos parcialmente, nas etapas de *incubação* e *iluminação*, ou seja, sem a supervisão consciente total do indivíduo, pode-se sugerir a *presença do fenômeno de auto-organização* no processo de *reestruturação de um padrão mental* na forma de um novo padrão de informação.

Contudo, convém lembrar que o processo de auto-organização também pode estar presente em todas as etapas dos processos de cognição e de criação, apesar de parecer ser dominante nas etapas de recuperação da memória que envolve a reorganização de informação (no processo de cognição), correspondente às etapas de incubação e iluminação (no processo de criação).

8 Considerações finais

O modelo do processo de criação aqui proposto possui fortes raízes na ciência cognitiva a medida em que ele se integra ao tratamento informacional desenvolvido nesta ciência. Ele também incorpora as hipóteses fundamentais da teoria da auto-organização, em especial aquelas relativas à: (a) possibilidade de emergência de novas formas de organização a partir da interação espontânea – independente de um centro organizador – entre elementos constituintes de sistemas físicos e biológicos; (b) causalidade circular, que admite a presença da realimentação de informações em um sistema de tal forma que a causa de um fenômeno pode ser afetada/alterada pelos seus próprios efeitos, controlando e sendo controlada por eles de maneira autônoma.

Nesse contexto, o processo de criação é visto como um processo que se inicia, em geral, com a detecção de um problema, ou anomalia, cuja solução requer a expansão ou, por vezes, o abandono do universo informacional do sujeito/sistema para quem tal problema se apresenta.

Diante da identificação de uma anomalia (fase de preparação), o sujeito inicia uma busca – em geral inconsciente – de informações ou hipóteses relevantes que se provadas verdadeiras solucionariam o problema em questão (fase de incubação). Nos casos bem sucedidos, após um período de inquietação, tais hipóteses emergem, espontaneamente, dos elementos informacionais disponíveis ao sujeito (fatos ou hipóteses antigas), independente de seu controle ou de qualquer programa preestabelecido (fase de iluminação). Ainda que esta fase se desenvolva sem que o sujeito exerça um controle sobre ela, não parece ocorrer aqui, em geral, a interferência de elementos irracionais. Ao contrário, nesta etapa a mente parece operar no sentido de buscar, ainda que de maneira não controlada, alguma forma de restabelecer a coerência que encontra-se abalada com a detecção de anomalias.

Conforme ressalta Peirce (1931-1958), a mente é um sistema dinâmico, cuja atividade central é a produção de hábitos. Estes hábitos, quando encontram-se fortemente consolidados, adquirem o estatuto de *crenças*; tais crenças “[...] enquanto duram, constituem hábitos fortes e como tais forçam o homem a acreditar até que uma surpresa quebre tal hábito” (CP, 5.524). Ao experienciar a quebra de hábitos bem estabelecidos, a mente criativa não descansará até que um novo hábito seja estabelecido como substituto do anterior que foi abalado. É nesse processo que novos fatos são considerados, os quais sugerem novas hipóteses à mente que busca restabelecer uma certa coerência/harmonia no conjunto global de suas crenças. As consequências de se admitir a veracidade de tais hipóteses

serão então examinadas e verificadas nas etapas de elaboração e avaliação. O processo de criação se completa através da comunicação de resultados à comunidade em que se insere o sujeito criativo.

Sabidamente, as descobertas relevantes situam-se em comunidades de criadores e trazem consigo os traços de uma rede de outras criações efetuadas ao longo do tempo. Nossa tentativa foi mostrar que, a despeito do processo criativo não envolver elementos irracionais (nos quais muitas vezes a visão clássica situa a criatividade), a emergência da novidade é possível considerando os processos auto-organizados presentes na atividade criativa.

A importante visão histórica, e contextualmente situada, não foi aqui tratada. Ela indica, no entanto, um caminho para a reflexão sobre uma possível integração entre a visão cognitivista tradicional e aquela contextualmente situada dos processos informacionais que se configuram como criativos.

Tal projeto de integração, sem dúvida complexo, encontra-se no horizonte da vertente dinâmica da Ciência Cognitiva. A teoria da auto-organização aqui introduzida pode contribuir para o início da construção de uma concepção integradora das visões histórica e informacional dos processos criativos.

Referências

- ANDERSON, J. R. *The architecture of cognition*. L. Erlbaum, Mahwah, N. J., 1996.
- _____. *Cognitive psychology and its implications*. 4 ed. W. H. Freeman: New York, 1995.
- BRESCIANI, F. E. Processo de criação individual e processo de auto-organização. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. (Org.) *Encontro com as ciências cognitivas*. Marília: Unesp-Marília-Publicações, 1998. p.255-280. v.2.
- CSIKSZENTMIHALYI, M.; SAWYER, K. Creative insight: the social nature of a solitary moment. In: STERNBERG-DAVIDSON, 1995. p.329-363.
- FRAWLEY, W. *Vygotsky e a ciência cognitiva: linguagem e integração das mentes social e computacional*. Tradução de Marcos A G. Domingos. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- GARDNER, H. *A nova ciência da mente*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- GONZALEZ, M. E. Q. *Metodologia da descoberta científica e inteligência artificial*. Campinas, 1988. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- HADAMARD, J. The psychology of invention in the mathematical field. Princeton, N.J.: University Press, 1949, apud CSIKSZENTMIHALYI, M.; SAWYER, K. *Creative insight: the social nature of a solitary moment*. p.332.

- MÉLÈSE, J. *Approches systémiques des organisations*. Paris: Les Éditions d'Organisation, 1990, p.11-40.
- MINSKY, M. *The society of mind*. New York: Simon & Shuster, 1986.
- NEWELL, A.; SHAW, E.; SIMON, H. *Human problem solving*. New Jersey: Englewood Cliffs, 1972.
- PEIRCE, C. S. Collected papers (CP). In: HARTSHORNE, C.; WEISS, P.; BURKS, A. (Ed.). *The collected papers of Charles Sanders Peirce*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1931-1958. v. 1-8.
- SCHAFFER, S. Caracterizando a descoberta. In: BODEN, M. *Dimensões da criatividade*. Tradução de Pedro Theobaldo. Porto Alegre: Artmed. 1999.
- STILLINGS, N. A. *Cognitive science: an introduction*. Cambridge, Mass: MIT/Bradford Press, 1987.
- TURBAN, E. *Decision support and expert systems: management support systems*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, N.J., 1995.
- WALLAS, G. *The art of thought*. Londres: Butler & Tanner, 1926.

PERSPECTIVISMO E AUTO-ORGANIZAÇÃO: UMA POSSIBILIDADE DE PLANOS DIFERENTES DE CRIAÇÃO NA DANÇA

Yara COUTO¹

Este estudo pretende mostrar possíveis perspectivas em que o movimento criativo humano pode estar focalizado, levando-nos a conhecer planos de criação apresentados em diferentes interpretações na dança. Temos como foco de análise a discussão sobre as estruturas básicas que compõem a dança, tanto no âmbito da dança clássica, com estruturas fixas e padrões de movimentos preestabelecidos, quanto na dança moderna, com uma dinâmica de movimento voltada à improvisação e à criação.

Introduzimos o *perspectivismo*, entendido como um método de análise dos fenômenos complexos, que possibilita reunir informações diversas acerca do mesmo fenômeno, bem como a compreensão dos diferentes planos de ação no movimento, no que se refere aos processos de auto-organização e criação.

No caso da dança, o *perspectivismo* torna-se relevante ao permitir que diferentes movimentos ou tendências possam ser analisadas através de várias perspectivas teóricas. Trata-se de um método de análise que possibilita situar diferentes percepções, diferentes olhares, em uma perspectiva mais geral e englobadora. Ele ainda indica a viabilidade expressiva de uma diversidade de trabalhos coreográficos, situando-os nos seus contextos de atuação.

No senso comum, o *perspectivismo* pode ser entendido como a compreensão de algo sobre diferentes planos ou perspectivas que se apresentam à vista, fazendo parte de um universo. Uma forma de compreensão, por sua vez, traz intrinsecamente uma forma de conhecimento, que parece ser relativa às próprias necessidades do ser que conhece. De acordo com Peterson (1996, p. 7), o *perspectivismo* sugere o desenvolvimento de uma forma apropriada de compreensão dos fenômenos que envolvem uma *representação*, a qual estabelece relações entre determinadas estruturas ou acontecimentos, dependendo do contexto em que objetos e sujeitos se inserem. A representação não é entendida aqui como *representação interna* no sentido mentalista, mas uma forma de expressão, de criação.

¹ Docente do DEFMH - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. E-mail: yaracouto@uol.com.br.

A representação, tal como entendida por Peterson (1996), requer uma notação, um símbolo, juntamente com uma interpretação que se apresenta em diversas situações, como no alfabeto, em programas de linguagem de computador, nos gráficos, diagramas, mapas, sistemas numéricos, ideogramas, notações musicais, notações coreográficas, desenhos arquitetônicos, etc. Ao adquirir uma forma de representação, os indivíduos têm à sua disposição instrumentos que facilitam o entendimento dos fatos e atividades, por exemplo, a atividade de resolver problemas e interpretações de eventos dos mais diversos tipos. No campo artístico, podemos conjugar interpretações nas artes plásticas, cênicas, cinematográficas e coreográficas, que podem constituir uma fonte de criação.

Tanto no cotidiano como em situações mais específicas que envolvam processos complexos, dependemos, em grande parte, das formas de representações que empregamos. Em qualquer um dos casos, utilizamos uma forma de representação, que pode ser manifesta *externamente* como uma extensão de nosso sistema cognitivo através da utilização de símbolos grafados e do nosso comportamento: expressões vocais, movimentos corporais, gestos mímicos e outros. Apesar de as formas de representação terem a possibilidade de ser entendidas a partir de uma “perspectiva mentalista”, em que se empregam termos como “interpretação mental”, “estruturas internas”, “mediação entre o sujeito e o meio ambiente”, não é nesse sentido que estaremos empregando o conceito de representação.

Em particular, nos estudos da percepção, é comum o emprego do conceito de representação mental para descrever uma suposta entidade mediadora entre o organismo e o meio. Aqui, utilizaremos a expressão *formas de representação* para descrever manifestações do comportamento que constituem parte de nosso sistema cognitivo aplicado (PETERSON, 1996, p. 14). No presente contexto, tais representações *internas* não são relevantes, no entanto é importante ressaltar que concordamos com Gibson (1979), no que diz respeito à hipótese que a percepção não é um estado mental isolado do mundo físico, com o qual interagimos por meio da ajuda de um *homunculus* que realiza interpretações a partir da abstração da representação, mas, sim, uma relação dinâmica de reciprocidade entre o organismo e o ambiente, em que uma informação disponível poderá ser captada pelo indivíduo à medida que age no meio.

Muitas representações são percebidas em expressões diárias do cotidiano, em situações que abrangem determinados grupos de interesses. Aqui, mais especificamente, apontaremos o caso da dança, entendida como uma forma de representação tanto em notações coreográficas, quanto no próprio movimento interpretado. Neste estudo, estamos interessados nas formas de representação e organização da dança enquanto manifestações

do comportamento. Nessa perspectiva, uma coreografia que possui um determinado tema pode ser interpretada a partir de diferentes propostas de organização do movimento. Na dança, por exemplo, em que intensidades e estilos gestuais são evidenciados pelos movimentos e expressões do corpo, os movimentos podem apresentar uma interpretação leve, suave, transmitindo liberdade, serenidade, sonhos, desejos ou desencontros, inquietações e frustrações. Já numa outra perspectiva, com a mesma coreografia, eles podem ser vistos com o sentido de peso, força, de intenções de luta, de confronto. O repertório gestual pode transmitir impressões, sensações e percepções provocadoras de novos pensamentos, atitudes e posicionamentos. Quando estabelecemos contato com uma determinada representação cênica, por exemplo, uma peça de dança dramática, podemos apresentar pontos de vistas diferentes quando nos integramos às suas ações. Apesar do nosso juízo sobre o que vemos, essa dança segue sua complexa dinâmica (VON FORESTER, 1993).

Na dança, os bailarinos utilizam uma diversidade de métodos de representação do conhecimento artístico. Não se espera de uma representação ou notação a transmissão simplificada de todas as possíveis informações de uma só vez, sobre uma cena ou situação. Ao invés disso, salientam a importância da informação que pretendem transmitir naquele momento através da representação. Dessa forma, numa determinada situação em que diferentes formas de representações possam apresentar-se de modo plausível, devem-se sistematicamente omitir informações irrelevantes, de modo a enfatizar as informações apropriadas ao contexto em que estão sendo abordadas.

Segundo Whitby (1996), empregamos uma multiplicidade de métodos de representação do conhecimento formados por um conjunto de influências culturais e históricas. Esse conjunto de influências torna impossível a existência de um único método efetivo para a resolução de problemas ou para as interações com situações criativas, como no caso da arte. Muitos estudos sugerem a variedade de representações como fator funcional e muito complexo: a opção por determinados métodos de representação depende de particularidades e, algumas vezes, da escolha própria de combinações de métodos extremamente específicos. O autor em questão considera que divisões arbitrárias e rígidas entre certas formas de representação podem ser úteis no âmbito teórico, mas não necessariamente na prática. As diferentes formas de representação podem combinar-se, dando oportunidade à manutenção de propostas específicas nas representações de conhecimento. Admite-se que possam existir, quando necessário, propostas mais gerais e abrangentes, entretanto, em alguns casos, sua aplicação parece improvável por não comportar maior profundidade. A utilização de um ou vários métodos depende da situação e do contexto em que ela será investigada.

Em contraste com situações e cenas artísticas, nas quais a redundância e a ambigüidade podem, algumas vezes, ser fator ou elemento criativo, existem condições muito complexas e restritas que não podem ser interpretadas ambigüamente; como é o caso da análise de mapas na navegação aeronáutica. A utilização de mapas envolve a habilidade humana de entendimento de analogias visuais: ângulos, direções, distâncias relativas, entre outros. Quase todos os mapas e cartas marítimas são designados e produzidos com *propostas específicas*, por exemplo, descrever a superfície da terra e sua altitude pelo uso do sombreadimento, que transmite uma impressão de terceira dimensão. Enfim, esses mapeamentos apresentam informações únicas e precisas, que se tornam conhecimento quando são interpretadas corretamente pelos aviadores que absorvem com rapidez a relevância dessas análises para cada situação particular (WHITBY, 1996).

Contrastando um evento artístico com fatos de outras áreas científicas ou técnicas, podemos, no caso da dança, observar que quanto mais diverso e rico o repertório gestual do bailarino, maiores serão as possibilidades de criar formas e expressões inusitadas. A existência de liberdade nas interpretações pode estimular a criatividade, fazendo com que a diversidade de elementos e atuações seja importante. Tal situação parece opor-se àquela da navegação aeronáutica, em que o grau de criatividade não é tão essencial como a precisão, a eficiência, a definição e o rigor, elementos reforçadores de uma atuação categórica e exata; a margem de erros aí deve ser nula.

A precisão, no contexto da arte, nem sempre é tão rígida, no sentido da precisão matemática, por exemplo, que não admite ambigüidade. Na dança moderna a técnica corporal apesar de não ser desorganizada, admite, de uma certa forma, uma variação de movimentos nas suas composições coreográficas, envolvendo, muitas vezes, a harmonia dos movimentos dos componentes do grupo, bem como a segurança dos dançarinos na realização de passos mais elaborados. Já no balé clássico, a precisão e sincronismo nos movimentos são primordiais para a harmonia da dança, fazendo parte da dinâmica envolvida; é o que ocorre, por exemplo, na realização de saltos e giros.

Não se trata, aqui, de estabelecer uma oposição entre técnica, eficiência e liberdade de representação. Uma sugestão fundamental do perspectivismo reside na indicação de uma correlação ou conjunção dos vários planos de análise existentes em um contexto. A novidade que o perspectivismo nos traz consiste em indicar o fator de *complementaridade* entre planos de criação e eficiência.

Em relação à Dança Educacional Moderna de Laban, por exemplo, habilidades, movimentos ou gestos eficientes são aqueles que na

sua manifestação não excedem em gasto de energia. No campo da dança, a manutenção de equilíbrio energético é fundamental para que os movimentos possam expressar autenticidade e criação. É importante destacarmos que tal complementaridade constitui um dos elementos essenciais no processo de auto-organização. Para Gonzalez (1998), a auto-organização tem justamente como um dos seus objetos de estudo o entendimento e a explicação da dinâmica das interações entre esses vários planos.

O desencadeamento do processo de auto-organização se dá na ação mútua entre partes ou elementos distintos, que pode ser considerada, em algum grau, criação desde que não seja previamente determinada (DEBRUN, 1996a). Num grupo de dança com indivíduos que possuem diferentes histórias de vida e conseqüentemente experiências corporais diversas, eles podem interagir, estabelecendo uma situação de auto-organização. Com o passar do tempo existe uma tendência ao fechamento no processo de auto-organização, caracterizando o processo autofágico, no qual a formação, ao se fortalecer, vai se fechando em si mesma, impedindo a entrada de elementos externos como os ruídos, o alimento de sua própria vida (MORIN, 1996). Esse fechamento gera uma *dinâmica* em que a conjunção de elementos já não traz novidade, nem possibilita a formação de processos criativos. É o resultado da composição das partes que vão retroagindo sobre elas mesmas, um encavalamento progressivo entre o todo em formação e suas partes (DUPUY, 1993).

Para Bolognesi (1997), a perspectiva, na arte, é subjetiva e individual, não podendo ser admitida de forma hierárquica, ou seja, com uma ordem rígida cuja dinâmica torna-se incompatível com a multiplicidade das manifestações e expressões. Como no campo das artes, o perspectivismo focaliza diferentes planos de criação em torno de um mesmo fenômeno, que pode ser interpretado em inúmeras situações.

Ressaltamos, aqui, duas perspectivas ou planos que na dinâmica da auto-organização podem ser apresentados: o microscópico e o macroscópico. O plano microscópico possibilita mostrar os detalhes, as sutilezas que, muitas vezes, passam despercebidas ao observador comum ou aos espectadores de um evento qualquer. Já no plano macroscópico temos uma visão geral ou mais ampla do que está sendo observado frente a uma estrutura global; o foco está no todo.

Numa análise microscópica da dança coreográfica, por exemplo, temos a possibilidade de observar a presença do indivíduo com sua subjetividade intrínseca. Esse indivíduo pode ser, ele mesmo, o seu observador e, ao mesmo tempo, o ser que se expressa, formando diferentes organizações criativas no movimento da dança.

Dependendo da perspectiva de quem olha, um mesmo movimento corporal pode ser interpretado com maior ou menor grau de novidade ou criação. Nessa análise enfatiza-se o processo de *auto-organização primária*, no qual não existem afinidades previamente estabelecidas entre os os elementos. Podemos ilustrar tal situação com um grupo de bailarinos, que se encontram aleatoriamente, sem qualquer relação de dependência entre os seus integrantes. À medida que interagem entre si e com o meio, eles vão criando uma relação de dependência (comunicação) entre si, que se manifestará posteriormente através de uma coreografia. Segundo Debrun (1996b), podemos considerar que esses indivíduos se auto-organizam primariamente uma vez que tal estrutura, a coreografia, foi criada a partir de elementos inicialmente independentes e sem a intervenção de um centro organizador. A novidade, aqui, é que no momento em que os bailarinos dançam com sua interpretação, variando movimentos e expressões em relação aos já conhecidos, podem estabelecer um estilo próprio, que, muitas vezes, sobressai no palco frente aos espectadores.

Já numa perspectiva macroscópica, o foco de análise está nas *estruturas* do movimento subjacente àquelas formas nas quais existe uma ordem sistematizada e estável. Nesse plano, situa-se a *auto-organização secundária*, que parte de uma estrutura já formada, pronta para desenvolver-se. Assim, pressupõe-se a existência de um sistema primariamente organizado que tende a um processo evolutivo. Tal organização requer uma regularidade que não seja predominante o tempo todo ou que não tenha um centro dominador. Um exemplo dessa situação pode ser observado quando as coreografias já se apresentam estruturadas, tanto no plano de mapeamento como no plano das marcações dos movimentos coreografados, só restando sua efetivação. Esse parece ser o caso do balé clássico. Mesmo quando não apresenta auto-organização primária, tal estilo de dança pode conter elementos da auto-organização secundária; partindo de uma forma já constituída, o processo evolui de um estado de organização para outro mais aperfeiçoado. Em concordância com Gonzalez (1996), essa perspectiva passa de uma estrutura preliminar para um estágio superior ou mais apropriado à sua "sobrevivência", incluindo processos de *feedback* (retroalimentação) e aprendizagem através da correção de erros, como também critérios de relevância para que o sistema venha a desenvolver-se.

Julgamos que, na atividade humana, formas de organização e auto-organização podem ser visualizadas com maior facilidade no plano da criação. De acordo com Peterson (1996), o perspectivismo pode ser aplicado em diferentes atuações humanas, permitindo ilustrar e entender outros campos de ação. Nas artes, o perspectivismo pode levar-nos a conhecer planos de criação apresentados em diferentes expressões ou interpretações artísticas.

Seja na dança ou em outras atividades artísticas, os fenômenos criativos são complexos e não existe um único método para entendê-los e explicá-los. A compreensão de um problema complexo envolve articulação, identidade e diferença entre os seus vários aspectos relevantes. Para que a complexidade possa ser absorvida, necessitamos de um conhecimento multidimensional. Como ressaltamos, não se trata de transmitir todas as informações sobre a representação de um fenômeno, mas de respeitar as suas diversas dimensões (MORIN, 1996).

Em síntese, a dança permite ilustrar muitos elementos da criatividade, organização e auto-organização em vários planos. O foco de quem observa uma cena artística pode ressaltar detalhes criativos, harmoniosos, estéticos e curiosos, que estimulam novos caminhos. Um ponto de convergência com a auto-organização está em compreender a dinâmica das interações, adotando uma atitude perspectivista. Assim, o estudioso da auto-organização procurará entender as relações que determinam um foco específico (GONZALEZ, 1998).

Criatividade e auto-organização são processos que estão indissociavelmente interligados. A ênfase, aqui, está em manter um equilíbrio entre pontos que aparentemente são divergentes, mas que, no processo criativo e auto-organizado, estabelecem um elo central de complementaridade, podendo ser visualizados também na dança. Se por um lado temos uma abordagem de dança entendida como movimentos padronizados, regras fixas, dando lugar a um universo limitado, onde a auto-organização é cada vez menor, por outro encontramos uma abordagem livre de estruturas fixas que possam desencadear o processo de criação. Em nenhum dos casos ocorrerá uma realização absolutamente nova, sem qualquer vínculo com o passado (se ocorresse, não teríamos como reconhecê-la). É importante ressaltar que nos dois extremos - o do fechamento completo e o da falta absoluta de limites - não poderá ocorrer o processo de auto-organização e conseqüentemente não será possível a criação ou manifestação da novidade. Nesse sentido, os extremos parecem distanciar-se cada vez mais de um elo harmônico no qual possa vir a se revelar qualquer ato criativo e auto-organizado. A auto-organização parece se dar nesse difícil ponto de equilíbrio entre regras e aleatoriedades, ou melhor, entre um universo desregrado e outro totalmente organizado ou regrado.

O que gostaríamos de destacar aqui é que o perspectivismo aponta para a necessidade da análise de diversas perspectivas ou planos de ação que podem desenvolver-se e que são imprescindíveis à criação. A relevância da análise nos diversos âmbitos da arte permite que diferentes propostas rítmicas possam ser estabelecidas, tornando-se mais efetivas e atuantes como manifestação artística cultural e contemplando, a um só tempo,

diferentes necessidades, num instigante desafio de comunicação autêntica com os outros. Salientamos, assim, que o perspectivismo, além de ser um método de análise, pode ser fonte de seleção e união de novos elementos na dinâmica auto-organizadora do processo de criação. Esses elementos são ingredientes que permitem compor um novo processo artístico.

Referências

- BOLOGNESI, M. F. Perspectivismo e irracionalidade: Platão e Eurípedes. In: ENCONTRO DE FILOSOFIA ANALÍTICA. 4, 1997, Florianópolis. Mesa-redonda: Perspectivismo e formas de irracionalidade. Florianópolis: [s.n.], 1997.
- DEBRUN, M. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M., GONZALEZ, M.E.Q., PESSOA JÚNIOR, O. *Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes*. Campinas: UNICAMP/Centro de Lógica, Epistemológica e História da Ciência, 1996a. p. 3-23.
- _____. A dinâmica de auto-organização-primária. In: DEBRUN, M., GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. *Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes*. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1996b. p.25-59.
- GIBSON, J. J. *An ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton-Mifflin, 1979.
- GONZALEZ, M. E. Q. Ação, causalidade e ruído nas redes neurais auto-organizadas. In: DEBRUN, M., GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. *Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes*. Campinas: UNICAMP/Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1996. p. 273-98.
- _____. Auto-organização e perspectivismo: algum acréscimo à ciência cognitiva? In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. *Encontro com as ciências cognitivas*. Marília: Unesp- Marília-Publicações, 1998.
- MORIN, E. *Ciência com consciência*. Tradução de Maria Alexandre, Maria Alice S. Dória. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- PETERSON, D. *Forms of representation: an interdisciplinary theme for cognitive science*. Wiltshire: Intellects Books, 1996.
- VON FOERSTER, H. Heinz von Foerster, pioneiro da cibernética. In: GUITA, P. *Do caos à inteligência artificial: quando os cientistas se interrogam*. Tradução de Luiz P. Paulista. São Paulo: Ed. Unesp, 1993.
- WHITBY, B. Multiple knowledge representations: maps and aeronautical navigation. In: PETERSON, D. *Forms of representation: an interdisciplinary theme for cognitive science*. Wiltshire: Intellects Books, 1996. p.67-78.

ASPECTOS COGNITIVOS DA IMPROVISACÃO MUSICAL

Ricardo GOLDEMBERG¹

Introdução

Dentre os mais variados aspectos da atividade musical destaca-se a habilidade que alguns músicos têm de criar melodias, ou mesmo verdadeiras composições, em tempo real e de maneira espontânea. Trata-se de uma prática conhecida por *improvisação musical*, que tem acompanhado a música desde o início de sua história.

Há dois mil anos atrás, a improvisação entre os gregos era comum, e a base para essas improvisações era chamada *nomos*, o equivalente a melodias-padrão que constituíam um repertório conhecido por todos os músicos (REESE, 1941, p.48). Na verdade, a concepção musical na época era diferente da atual, e a improvisação estava contida na própria essência do procedimento musical sem uma clara distinção entre o compor e improvisar.

Da mesma forma, a improvisação na história da música ocidental era comum desde o canto gregoriano, sob a forma de elaborações melódicas. No período renascentista, diversos músicos foram conhecidos como grandes improvisadores, mas foi no século XVIII que a improvisação teve o seu apogeu na música erudita ocidental. J. S. Bach (1685-1750), G.F. Handel (1685-1759) e W. A. Mozart (1756-1791) são alguns exemplos de compositores famosos também conhecidos como hábeis improvisadores.

Ainda que a arte de improvisar na música erudita tenha entrado em gradativo declínio após esse período, ela nunca desapareceu por completo.

O século XX, entretanto, guardava surpresas. Com o advento do jazz nos Estados Unidos, a arte de improvisar ressurgiu de maneira estilística diferenciada e veio a causar um imenso impacto na atividade musical desse século, sobretudo naquilo que se pode chamar de *música popular sofisticada*.

Historicamente, o jazz é uma forma de manifestação musical norte-americana que se originou da interação entre a cultura negra e a música erudita de origem européia. A instrumentação, melodia e harmonia

¹ Professor Doutor do Departamento de Musica do Instituto de Artes da UNICAMP ; Bacharel em Musica pela Berklee College of Music, Boston, MA; Mestre em Educação Musical pelo Holy Names College, Oakland, CA; Doutor em Psicologia Educacional pela Faculdade de Educação da UNICAMP. E-mail: rich@obelix.unicamp.br

são basicamente derivadas das utilizadas na tradição musical européia; entretanto, o ritmo e a concepção de sonoridade têm imensa influência da cultura negra de origem africana. Segundo Berendt (1975, p.174), é a partir deste confronto que se pode distinguir três diferenças do jazz com relação à música erudita:

- 1) uma relação rítmica idiomática, definida pelo “swing”. 2) uma forma de expressão criativa na qual a improvisação tem um papel preponderante. 3) uma concepção de fraseado e sonoridade associados à individualidade do musicista.

A improvisação no jazz ocorre no contexto de uma canção em particular (*standard*). Em geral, o repertório é composto tanto por composições originais como por canções da música popular americana dos anos 30 e 40.

Os músicos de jazz chamam a atenção pela capacidade que têm de interagir em grupos cujos membros não possuem, necessariamente, experiência prévia de trabalho em conjunto. Uma estrutura de *performance*, compartilhada por todos os membros do grupo, permite a ocorrência desses eventos interativos (*jam sessions*). Essa *performance* pode ser iniciada imediatamente após o momento em que são determinados a canção, a tonalidade e o tempo.

Os musicistas retêm a base rítmica da canção e a sua sequência harmônica. O restante da informação, como por exemplo o acompanhamento pré-determinado da melodia, é descartado e deixa os *performers* livres para criar de maneira extemporânea. Os musicistas trabalham a partir de coletâneas musicais (*fake books*) que contêm apenas informação limitada a respeito da performance da peça completa.

A forma utilizada no jazz é sempre *tema e variações*, devido à sua simplicidade e consequente adequação à prática da improvisação. Em geral, a sequência de *choruses* que constituem a peça é complementada apenas por uma introdução, um final e eventualmente, um ou mais interlúdios. Durante o primeiro e último *chorus* expõe-se a canção na sua forma original, ao passo que os *choruses* intermediários são reservados para as improvisações dos diversos instrumentistas. A ordem dos solistas é variável, e costuma depender tanto da familiaridade dos musicistas entre si como de elementos de comunicação não-verbal (gestos e olhares).

Na verdade, e apesar deste estudo delimitar-se à análise da improvisação dentro das bases estabelecidas pelo jazz, essa habilidade pode estar relacionada a qualquer estilo musical. No jazz, na música erudita ocidental, na música indiana, africana e em qualquer outra manifestação musical ao redor do mundo, os estilos e variedades de improvisação musical são

metaforicamente análogos às várias linguagens verbais e aos dialetos de culturas diferentes. Tratam-se de manifestações diferentes de uma mesma capacidade intelectual criativa. Sob esse ponto de vista, Campbell (1990, p.43) afirma:

O pensamento criativo em música é um fenômeno humano encontrado em todas as culturas do mundo [...] A linguagem musical pode diferir em sintaxe e contexto de uma tradição para a outra, mas a necessidade humana de se expressar pela música como um canal de pensamento criativo não possui fronteiras culturais.

Revisão da literatura

No âmbito da psicomusicologia, os trabalhos acadêmicos que tratam do fenômeno *improvisação musical* ainda são muito poucos. Ainda assim, alguns autores devem ser destacados.

Jeff Pressing (1984) sugere um modelo cognitivo de improvisação baseado nas pesquisas a respeito das habilidades psicomotoras. Segundo o autor, a informação é codificada perceptualmente, avaliam-se as respostas em potencial e “unidades de ação motora” são executadas em relação a seu referencial cognitivo. Da mesma forma, o autor relata que nesse processo, em que o pensamento precede a realização, o conceito de *feedback* auditivo e proprioceptivo é fundamental. Através dele concebe-se um sistema de avaliação contínua ou monitorização que permite ao improvisador o desenvolvimento de idéias musicais.

Além disso, Pressing (1984, p.356) adota um modelo de atenção e recursos emprestado de Kahneman. Baseado neste modelo, ele afirma que processos cognitivos conscientes e centrais ocorrem de forma concomitante a processos cognitivos inconscientes ou mais periféricos na improvisação. Diz ainda que com treinamento e experiência, “unidades de ação motora” cada vez mais complexas passam para o controle automático ou inconsciente.

Por outro lado, Johnson-Laird (*apud* Boden, 1995) propôs um modelo de criatividade que oferece subsídios adicionais para a compreensão dos processos de improvisação. Em seu trabalho, o autor mostra que processos cognitivos de processamento de informação bastante simples, com baixas demandas na limitada memória a curto prazo dos seres humanos, podem gerar linhas de improvisação suficientemente aceitáveis (ainda que “mecânicas ou pouco criativas”). Entretanto, a sequência harmônica no acompanhamento de uma linha melódica envolve uma gramática muito mais poderosa e, por essa razão, não está sujeita ao processo de criação espontânea (com a exceção de casos bastante simples).

As regras para improvisação levam em consideração aspectos melódicos, harmônicos e rítmicos. O músico deve escolher dentre várias alternativas diferentes aquela que lhe parece mais adequada. A possibilidade de combinar padrões melódicos ao acaso (de forma randômica) permite que se façam sempre improvisações diferentes sobre uma mesma progressão harmônica. Sob esse ponto de vista, o processo de improvisação é impossível de se predizer, mesmo quando se consideram as regras e delimitações de natureza musical.

Hodgson (*apud* Boden, 1995) enfoca a questão da improvisação de forma um pouco diferente de Johnson-Laird. De acordo com esse autor, a improvisação musical é feita a partir de um tema ou canção original, e a variação, ou improviso, ocorre dentro de limites específicos do “espaço jazzístico”. Pode-se empregar qualquer porcentagem de notas escolhidas do tema, de escalas tonais e modais relevantes, e até da escala cromática. Além disso, o improviso pode utilizar as estratégias de “cortar e colar” padrões rítmicos e melódicos estabelecidos na memória a longo prazo e de “perguntas e respostas” ao longo de um determinado número de compassos.

Instrumentistas podem utilizar um ou mais desses métodos ao mesmo tempo mas, ainda assim, a escolha é praticamente randômica e a improvisação não é previsível. Segundo o autor, um programa baseado nesses princípios é capaz de gerar boas idéias musicais ainda que, em alguns momentos, possa ser considerado medíocre do ponto de vista do músico profissional.

Além desses pesquisadores, é importante citar dois outros autores que, em estudos de natureza mais abrangente e especulativa, ofereceram uma contribuição ao pouco que se sabe a respeito da improvisação.

O primeiro deles, Sudnow (1978), um pianista competente de formação erudita, descreve de maneira instrospectiva o seu aprendizado de improvisação no estilo jazzístico. O autor relata a existência de basicamente três fases: na primeira fase, ele desenvolveu um vocabulário básico de padrões musicais (*licks*) que propiciaram os primeiros improvisos, ainda que de forma bastante limitada. A segunda etapa, chamada pelo autor de “*going for the sound*” (o que é traduzido de maneira literal como “indo atrás do som”), caracterizou-se por uma utilização mais flexível e variada dos padrões musicais. Finalmente, na última fase, denominada de “*going for the jazz*” (“indo atrás do jazz”), as improvisações do autor se tornaram mais coerentes e fluentes.

Finalmente, John Kratus (1991, p.38), em uma análise pedagógica, afirma que existem grandes diferenças na maneira como instrumentistas

encaram a improvisação, dependendo do seu nível de experiência. Músicos profissionais têm estratégias que servem para unificar e organizar a improvisação do ponto de vista estilístico, e o resultado é um produto que pode ser compartilhado com outras pessoas. Por outro lado, músicos inexperientes têm uma atitude exploratória, e o enfoque é mais voltado para o *processo* da improvisação ao invés do seu *produto*. Segundo o autor, um bom improvisador deve ter os seguintes conhecimentos e habilidades:

- 1) A habilidade de ouvir padrões musicais internos à medida que eles estão para ser tocados,
- 2) O conhecimento de que a música é estruturada de forma tal que permite que outras pessoas a entendam,
- 3) A habilidade de manipular um instrumento ou voz de forma correspondente ao nível das intenções musicais do instrumentista,
- 4) Conhecimento de estratégias para estruturar uma improvisação e flexibilidade para mudá-las, se necessário,
- 5) Conhecimento das convenções estilísticas de um determinado estilo musical,
- 6) A habilidade de transcender convenções estilísticas a fim de desenvolver estilo próprio.

Objetivo

Esse trabalho tem o objetivo de identificar alguns aspectos cognitivos que caracterizam o bom improvisador em música. Trata-se de um estudo de caráter exploratório, de metodologia qualitativa, cuja pretensão é oferecer alguma contribuição ao entendimento da atividade musical como comportamento humano complexo.

Metodologia

Sete instrumentistas experientes, todos com formação jazzística e reconhecidamente bons improvisadores, participaram desse estudo. O grupo era constituído por três pianistas, dois saxofonistas e dois baixistas, cujas idades variavam entre 20 e 56 anos. Cada um dos musicistas foi entrevistado individualmente e as seguintes perguntas foram feitas:

1. Quando e porque você começou a improvisar? Quais são os fatores que o motivaram e estimularam?
2. Que tipo de progressão você vê na sua música desde o começo até o presente?

3. Descreva com detalhes o processo pelo qual você improvisa. Quanto de lógica existe na sua improvisação?
4. Para você, improvisação é um processo predominantemente dedutivo, ou espontâneo?

As entrevistas foram informais e de final aberto. Conversações em tópicos relacionados foram estimuladas e, na medida em que se fizeram necessárias, explicações e questões complementares foram formuladas. As entrevistas tiveram duração média de aproximadamente 26 minutos e foram registradas por intermédio de um gravador de som.

Análise e discussão

As perguntas que foram feitas tiveram o propósito de abordar vários aspectos de relevância na improvisação. A natureza abrangente dessas entrevistas certamente forneceu uma quantidade muito maior de dados do que aqueles que foram considerados na análise que se segue. Mesmo assim, a análise parcial dos dados permitiu a identificação de alguns dos fatores psicológicos no comportamento musical do improvisador.

Primeiro, todos os entrevistados deram indicações claras da importância em se saber como uma melodia soa antes da sua performance propriamente dita. O bom improvisador é aquele que primeiro cria uma imagem mental do som e depois a executa, de forma quase imediata:

Eu escuto o tema, depois fico pensando melodicamente como eu improvisaria cantando.

O bom improvisador é aquele que consegue escutar a frase antes de tocá-la e depois toca esta frase exatamente do jeito que a imaginou.

Hoje em dia, antes de mencionar a frase, eu procuro cantá-la na cabeça, a sua intenção rítmica e melódica.

Eu sei com o que eu posso contar e o que vai soar. Eu tenho uma idéia do que quero para aquele momento.

Esse ato de cantar? ... Esse é o grande objetivo do improvisador: criar as frases do jeito que ele quer no momento em que ele quer.

Esse conceito de *imagética musical*, fundamental na improvisação, é denominado como *audiação* por Gordon (1985, p. 3) e explicitado da seguinte forma: "Quando se pensa através dos ouvidos, se audia. Audiação ocorre quando se 'ouve' silenciosamente e se dá significado à música, sendo que o som não está fisicamente presente".

Na imensa maioria dos casos, o estudo psicológico da imagética mental restringe-se à imagética visual. Apesar dessa limitação, o conceito é

mais amplo e deve ser definido como a representação mental de um objeto ou evento não-existente. Dessa forma, inclui as imagens formadas por sentidos como o auditivo e outros.

Ainda que tenha sido quase que totalmente ignorado pelos psicólogos experimentais americanos, o tópico da imagética mental tem raízes bastante antigas. Em suas origens, no período pré-científico denominado “filosófico”, as imagens mentais tiveram um papel importante no estudo da mente e fizeram parte integral das filosofias de Locke, Berkeley e Hume.

De maneira introspectiva, algumas características do processo de representação mental em música podem ser levantadas. Por exemplo, o aspecto temporal, característica indispensável da música audível ou fisicamente presente, não está necessariamente manifesto no ouvido interno. Neste caso, pode-se até falar que a imagem sonora tem uma qualidade quase estática, na qual a noção de tempo musical é encarada de maneira diferenciada.

Isto não quer dizer que um determinado padrão musical é sustentado ou repetido de maneira indefinida. Entretanto, trata-se de um conceito abstrato, difícil de explicitar com um vocabulário apropriado para as experiências do “ouvido externo”. Ainda que referente à imagética visual, Sartre (1972, p.106) em seu livro *Psicologia da Imaginação*, oferece um exemplo que esclarece como esse aspecto “atemporal” pode ser alcançado no pensamento musical. Segundo o autor, a imagem mental de um objeto físico, como um dedal, incorpora a apreensão visual da sua parte dianteira, traseira, interna e externa de maneira simultânea, mesmo que na vida real seja necessário alternar entre as diferentes perspectivas. Sob esse ponto de vista, a imaginação permite sintetizar em uma única percepção aspectos incompatíveis do mundo real; através das imagens mentais, sejam elas visuais ou auditivas, é possível se criar a representação integrada de um todo.

O conceito de audiação pode ser visto como uma instância particular do pensamento e raciocínio formal. Na música e nesses processos, os esquemas e imagens mentais variam entre dois extremos, um dos quais é basicamente perceptivo, ao passo que o outro é imaginativo. No pensamento cotidiano, a *verbalização interior* é perceptiva quando se expressa através da utilização de palavras, como se pudessem ser faladas ou escritas; por outro lado, ela é imaginativa quando o pensamento ocorre sem que essas palavras estejam claramente constituídas, apesar de uma aparente qualidade verbal. Da mesma forma, a imagética musical pode se apresentar de maneiras diferenciadas e com diferentes graus de abstração, dependendo do contexto.

Por fim, cabe ressaltar a importância de outros aspectos como o cinestésico, visual e mesmo motor na imagética musical, ainda que ela seja predominantemente auditiva. A sensação física de cantar (eventualmente, tocar um instrumento) ou a imagem visual de um teclado frequentemente agem como importante fator de estímulo na habilidade que musicistas têm de imaginar sons e melodias.

Ainda que os aspectos levantados acima sejam esclarecedores, a visão contemporânea da imagética mental dentro das perspectivas da psicologia cognitiva envolve uma problemática bastante complicada, polêmica e especulativa. Um detalhamento do fenômeno pressupõe necessariamente que se considere a forma pela qual a informação é codificada e armazenada na memória. Porém, do ponto de vista musical, a falta de uma teoria de memória específica é um forte impedimento para uma análise mais extensiva.

Outro aspecto psicológico relevante no estudo da improvisação está relacionado com a análise do pensamento criativo em geral. Segundo Rogers (1970, p. 139), “o processo criativo é a emergência ativa de um produto relacional novo, que por um lado surge das características únicas do indivíduo, e por outro lado surge dos materiais, eventos, pessoas e circunstâncias da vida deste indivíduo”.

Dentre os elementos frequentemente citados nas várias discussões a respeito da criatividade destaca-se a inteligência e, conseqüentemente, o raciocínio analítico-formal. Segundo os entrevistados:

Existe uma maneira racional de improvisar.

A improvisação está fundamentada numa série de regras que você deve obedecer.

Um fator fundamental é você saber o que trabalhar em termos de material sobre a harmonia. Você precisa saber as escalas e o que significa o acorde em termos de dissonâncias.

Houve muita lógica, num determinado momento, para que eu pudesse enfiar essas frases, notas e desenhos na minha cabeça.

Em decorrência do aparato intelectual adquirido através do conhecimento, de ler e conversar com as pessoas, aquilo que é intuitivo passa pelo crivo do racional para voltar transformado de maneira espontânea.

Ainda que a existência da inteligência não seja condição suficiente para a ocorrência do pensamento criativo, ela é certamente necessária. A operação particularmente relevante no pensamento criativo foi descrita como *produção divergente* na análise fatorial de Guilford (1970). Trata-se de uma forma de pensamento que conduz a diversas soluções possí-

veis, ao passo que a contrapartida, descrita como *produção convergente*, é determinística e conduz a uma única resposta correta.

Segundo Webster (1990), os dois processos podem ser identificados nas habilidades que constituem a base da inteligência musical. A habilidade de reconhecer padrões rítmicos e tonais e a habilidade de combinar expressões musicais de maneira lógica (sintaxe musical) são processos convergentes, ao passo que habilidades mais abstratas, como flexibilidade e originalidade, são processos divergentes. Outras habilidades citadas pelo autor são o *conhecimento conceitual* e a *habilidade técnico-artesanal* (*craftmanship*). O conhecimento conceitual refere-se ao conhecimento dos fatos relativos ao saber musical, e a habilidade técnico-artesanal diz respeito à aplicação desse conhecimento em tarefas musicais complexas. O conhecimento conceitual está relacionado a processos divergentes, enquanto que a habilidade técnico-artesanal está mais relacionada a processos convergentes.

Com relação à habilidade técnico-artesanal na improvisação, cabe uma analogia particularmente interessante com a habilidade de realizar cálculos mentais de forma rápida (SLOBODA, 1982, p.484). Da mesma forma que virtuosos em cálculo mental, a improvisação requer a construção de vastos recursos de memória, facilmente acessíveis e dependentes da prática e experiência. Os esforços nesse sentido permitem uma economia de recursos no desempenho da tarefa, assim como a memorização de tabelas matemáticas tem o efeito de reduzir e acelerar o trabalho posterior em cálculo mental. Além disso, na improvisação e no cálculo mental é frequente a impossibilidade de se tomar uma decisão sem que se tenha conhecimento dos resultados da sequência imediatamente anterior.

Conforme foi dito, o aspecto da inteligência é importante, porém insuficiente, na caracterização do bom improvisador. Isso se deve ao fato de que a forma pela qual se usa a inteligência é tão importante quanto a existência de inteligência propriamente dita. Deste modo, é possível afirmar que as características da personalidade e do estilo cognitivo também são relevantes ao pensamento criativo na improvisação. De acordo com as pesquisas realizadas na área da criatividade, os seguintes atributos da personalidade estão associados com os processos criativos e, da mesma forma, com a performance artística: flexibilidade e tolerância à ambigüidade, independência de pensamento e ação, anseio por originalidade e devoção intensa ao trabalho.

Finalmente, a discussão não seria completa sem que se considerasse, ainda que de forma especulativa, a questão da intuição criativa na improvisação musical. No que diz respeito a esse aspecto, a seguinte citação de Hinz (1995, p.35) é pertinente:

Na medida em que os improvisadores distinguem-se na habilidade técnica e musicalidade, eles podem ter a experiência de “perder-se a si mesmos”, no sentido de que aquilo que é tocado parece fluir livremente sem um controle ou pensamento consciente. A música parece estar ocorrendo por si mesma, e o músico é simplesmente o meio através do qual ela se manifesta.

O ponto de vista cognitivo sugere alguma espécie de interface entre emoção e cognição e, nesse sentido, o modelo psicanalítico é esclarecedor. Freud define o nível primário de pensamento como irracional e difuso como nos sonhos, enquanto que o nível secundário é racional e governa as atividades do dia a dia no mundo real. Neste sentido, o processo criativo é resultante de uma interação entre esses dois níveis de pensamento. Improvisação, assim como o ato de criar em geral, requer a capacidade de “suspender as operações lógicas temporariamente e pensar de forma mais inesperada, possivelmente não-lógica e pouco convencional”, e também a capacidade de “voltar voluntariamente a processos mais secundários de funcionamento, onde os pensamentos novos são colocados em contextos mais apropriados e realísticos (BLATT; ALLISON; FEIRSTEIN; 1969 *apud* HARGREAVES, 1986, p.155). A esse respeito, dizem os entrevistados:

Havia momentos em que eu estava tocando um tema e eu queria escapar daquele tema completamente, escapar da harmonia e tudo como se fosse um breve devaneio.

Você tem que trabalhar os materiais que vai utilizar de uma forma tão bem trabalhada, que essa utilização passa a ser uma coisa mais impulsiva, mais impensada do que totalmente racional naquele momento.

Os momentos em que eu mais gosto são os momentos em que eu consigo entrar em alguma coisa aqui dentro, o mundo acaba ... e sai uma música que não sou eu quem faz!

A admissão de processos primários na mente do instrumentista, que é usualmente dominado por processos secundários, é regulada pelo ego, e, segundo Kubie (1958, *apud* HARGREAVES, 1986, p.154), a resistência a essa combinação de tendências opostas pode gerar distorções neuróticas. Ao invés de negar a existência de tendências opostas, a personalidade de pessoas criativas caracteriza-se pelo seu reconhecimento e pela tentativa de reconciliá-las no seu trabalho criativo.

Dessa forma, a atividade de improvisar pode ser vista como uma tentativa de integrar dois opostos em um todo unificado e dar sentido a divisões internas. Em outras palavras, o músico procura expressar na improvisação uma identidade integrada que não é possível ser adquirida na vida cotidiana.

Considerações Finais

Com base nos dados expostos e seu confronto com a literatura, a improvisação musical evidenciou-se como uma prática sofisticada e complexa, resultante do amálgama de vários componentes cognitivos. A imagética musical, os processos de inteligência associados à personalidade do musicista e uma componente especulativa denominada intuição criativa são alguns dos aspectos que propiciam um comportamento musical original e de relevância na caracterização do bom improvisador.

Ainda assim, a capacidade de improvisar pode manifestar-se de maneiras diferentes, dependendo de como essas facetas se combinam. É pouco provável que os três componentes citados sejam simples partes independentes que se adicionam de maneira a constituir um todo. A relação é dinâmica e algumas dessas combinações são certamente mais sinérgicas e eficazes na geração do comportamento. Sob esse ponto de vista, uma sugestão para novos trabalhos é a análise mais abrangente do fenômeno através do estudo da interatividade dos aspectos levantados, e outros que possivelmente venham a ser identificados.

Finalmente, ainda que a ênfase do presente estudo tenha sido na identificação de atributos internos, deve-se ressaltar que o delineamento de um modelo de criatividade para a improvisação não pode descartar aspectos ambientais que podem facilitar ou dificultar manifestações dessa natureza. Infelizmente, não é de todo incomum encontrar musicistas com grande potencial para a improvisação que *definham* em ambientes que não estimulam ou mesmo inibem esse tipo de comportamento.

Referências

- BERENDT, J. *The jazz book*. New York: Lawrence Hill, 1975.
- BLATT, S. J.; ALLISON, J.; FEIRSTEIN, A. The capacity to cope with cognitive complexity. *Journal of Personality*, n. 37, p. 269-88, 1969 apud HARGREAVES, D. J. *The developmental psychology of music*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- BODEN, M. Creativity and unpredictability. *The Stanford Electronic Humanities Review*. Disponível em: <www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/boden.html>. Acesso em: 4 fev. 1995.
- CAMPBELL, P. S. Crosscultural perspectives of musical creativity. *Music Educators Journal*, v. 76, n. 9, p. 43-46, 1990.
- GORDON, E. *Why use learning sequence activities?* Chicago: GIA Publications, 1985.
- GUILFORD, J. P. Traits of creativity. In: VERNON, P. E. (Ed.) *Creativity*. Middlesex: Penguin Books, (1959) 1970.

- HARGREAVES, D. J. *The developmental psychology of music*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- HINZ, B. Helping students master improvisation. *Music Educators Journal*, v. 82, n. 2, p. 32-36, 1995.
- HODGSON, P. Understanding computing, cognition, and creativity, MSc thesis, University of the West of England, 1990 apud BODEN, M. Creativity and unpredictability, *The Stanford Electronic Humanities Review*. Disponível em: <www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/boden.html>. Acesso em 4 fev. 2, 1995.
- JOHNSON-LAIRD, P. The computer and the mind: an introduction to cognitive science. London: Fontana, 1988 apud BODEN, M. Creativity and Unpredictability, *The Stanford Electronic Humanities Review*. Disponível em: <www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/boden.html>, 4 fev. 1995.
- KRATUS, J. Growing with improvisation. *Music Educators Journal*, v. 78, n. 4, p. 35-40, 1991.
- KUBIE, L. S. Neurotic distortion of the creative process. Lawrence, Kansas: University of Kansas Press, 1958 apud HARGREAVES, D. J. *The Developmental Psychology of Music*, Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- PRESSING, J. Cognitive processes in improvisation. In: CROZIER, W. R.; CHAPMAN, A. J. (Ed.), *Cognitive processes in the perception of art*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1984.
- REESE, G. *Music in the middle ages*. New York: Norton, 1941.
- ROGERS, C. R. Towards a theory of creativity. In: VERNON, P. E. (Ed.), *Creativity*. Middlesex: Penguin Books, (1954) 1970.
- SARTRE, J. P. *The psychology of Imagination*, London: Methuen & Co, 1972.
- SLOBODA, J. A. Music performance. In: DEUTSCH, D. (Ed.), *The psychology of music*. San Diego: Academic Press, 1982.
- SUDNOW, D. *Ways of the hand: the organization of improvised conduct*. Cambridge, MA: Harvard University, 1978.
- WEBSTER, P. R. Creativity as creative thinking. *Music Educators Journal*, v. 76, n. 9, p. 22-28, 1990.

DIAGRAMAS E HÁBITOS: INTERAÇÃO ENTRE DIAGRAMA E HÁBITO NA CONCEPÇÃO PEIRCEANA DE CONHECIMENTO

Lauro Frederico Barbosa da SILVEIRA¹

Uma decifração do enigma

Com esse título, pretendia Peirce, 1890, escrever uma obra fundamental. Deixou ele escrito em uma das folhas manuscritas: “E esse livro, se vier a ser escrito, e que o será se eu tiver em situação para levá-lo a cabo, será um dos nascedouros do tempo” (CP 1.354 n1).

O livro, como aliás, quase todos os projetos idealizados por Peirce para publicação, jamais veio à luz. Conservados seus manuscritos, ou parte significativa deles, foi possível ser editado nos *Collected Papers* e, muito posteriormente, no sexto volume dos *Writings* em sua edição cronológica.

Se alguma coisa, porém, puder definir em poucas palavras o propósito filosófico de Peirce, o título proposto par essa obra, parece-nos o mais adequado.

No prefácio à uma outra obra projetada no ano de 1896 e, também, jamais publicada - seus *Principles of Philosophy*, declara, a certa altura, o mesmo autor:

[...] minha filosofia pode ser descrita como a tentativa de um físico de conjecturar sobre a constituição do universo do modo como os métodos científicos podem permitir, com a ajuda que vem sendo feito pelos filósofos que o precederam. Sustentarei minhas proposições nos argumentos dos quais puder dispor. Não se deve pensar em prova demonstrativa, as demonstrações dos metafísicos são meras aparências. O melhor que pode ser feito é produzir uma hipótese não destituída de toda similitude, na linha geral do desenvolver-se das idéias científicas, capaz de ser verificada ou refutada por futuros observadores. (CP 1.7).

Nitidamente, pois, Peirce não era um autor dogmático e não confiava na solidez das pretensas demonstrações metafísicas. Não era, contudo, um descrente na possibilidade da razão humana colocar questões que abrangessem o âmago da realidade, obtendo com elas algumas respostas

¹ Programa de Pós-Graduação em Filosofia - FFC - Unesp -Campus de Marília, SP. Curso de Pós-Graduação em Direito da Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha. Marília, SP. E-mail: lfbsilv@terra.com.br

satisfatórias. Como colocar-se diante de um real mais amplo que o da particularidade dessa ou daquela classe de fenômenos, era a exigência fundamental para permanecer um cientista mesmo em questões metafísicas e não cair na irracionalidade quanto na tentativa de transcender o próprio universo fenomênico.

Para Peirce, o que nos cabe fazer, são conjecturas bem fundadas sobre o real e cujas consequências, inserindo-se sempre no domínio da experiência possível, permita-lhes testar sua capacidade representativa.

Mais tarde, ainda, em 1906, Peirce terá ocasião de dizer que “quando dizemos que o raciocínio dedutivo é necessário, naturalmente não queremos dizer que seja infalível, mas precisamente o que queremos dizer é que a conclusão segue a partir da forma das relações estabelecidas nas premissas” (CP 4. 531).

Teorizar sobre o real não é reduzi-lo às nossas representações, ou querer dizer que essas últimas têm algum acesso privilegiado ao mesmo. Nada indica, e mesmo pelo contrário, que haja esse acesso imediato ao ser, seja mesmo às aparências por via transcendental. Pensamos, porque nos admiramos com o mundo que nos cerca e nos penetra, unindo-nos a tudo que existe, existirá ou pode existir. Diante da admiração somos movidos pela nossa identificação com esse mesmo real, que se nos aparece como nossa plena realização. Para alcançá-lo em um futuro, preferivelmente com todos os outros seres com os quais convivemos, recorremos ao nosso poder de representação para traçarmos um programa de conduta que não a deixe vagar a esmo, mas que, mesmo sujeitos a erros, nos encaminhe mais e mais para a meta que escolhemos como nossa plena realização.

Que vem a ser, então, conhecer senão esse trabalho representativo do real, em constante processo de evolução e generalização. Sua finalidade última é atender a conduta tão ampla quanto é a racionalidade no universo, em seu desejo de alcançar sob a forma de Verdade, o Bem que a atrai.

Conhecer para Peirce, convém repetir, não se constitui em colher o real em uma armadilha, passando a possuí-lo como a uma presa. Em uma frase inesquecível, Peirce apresenta como escapar dessa tão ardilosa ilusão. Diz ele em uma nota a um texto há muito tempo escrito que:

Do mesmo modo como dizemos que um corpo está em movimento, e não que o movimento está num corpo, devemos dizer que estamos em pensamento e não que pensamentos estão em nós. (Peirce, 1974, v.5. # 289 n.1)

O pensamento não deveria ser considerado como um predicado decorrente de nossa natureza mas muito pelo contrário: nossa natureza e,

com ela, toda a natureza é uma manifestação pluriforme e evolutiva do pensamento. Pensar, pois, para nós não é uma conquista ou um privilégio que nos distingue do resto das coisas e nos confere um direito de submetê-las à nossa vontade e explorá-las arbitrariamente, mas um predicado comum do qual, em vez de senhores, somos a expressão.

Tentar, pois, compreendermo-nos e ao pensamento só se fará fazendo-nos compartilhar de toda a Natureza, procurando, enquanto possível e através de todos os recursos dos quais dispomos, representarmo-nos e a ele distinguindo aquilo, que sendo essencial a ambos, do que é específico de uma de suas realizações. Devemos compreender-nos como expressão específica desse fenômeno geral, e a ele como algo compartilhado por todos os seres, diferenciado segundo o modo próprio de expressão de cada um deles.

Conhecer, contudo, não tendo por finalidade dominar o objeto e esgotá-lo em sua representação, mas oferecer uma linha de conduta suficientemente boa para que nosso *ardente desejo* de comungar com o objeto possa com o tempo, e cada vez melhor, se realizar (Cf. CP 2.227), dele convém fazer decorrer algumas considerações:

Deve-se considerar a falibilidade intrínseca a todo conhecimento. Todo conhecimento, permanece sendo uma conjectura, por melhor formada que seja, e uma tentativa de aproximação intelectual do objeto procurado.

Não se pretendendo infalível e sequer fundado em algum acesso evidente e privilegiado ao real, o conhecimento pode também arvorar-se a representações metafísicas, que falem do todo e de suas partes desde que, pretendendo manter-se como representação do real, submeta-se às provas futuras da experiência, construindo-se sempre tendo em vista a condução efetiva da conduta.

Devido à sua principal finalidade de guia de conduta para o êxito em alcançar seus fins, não deve o conhecimento perder-se em questões sabidamente ociosas que, embora passíveis de serem pensadas, não se pretendam encaminhar a conduta para seu objeto, seja a construção consistente de formas em Matemática ou nas funções lógicas por ele exercidas, seja a representação do universo fenomênico.

Todo conhecimento será irredutivelmente um meio para alcançar um fim e não um fim em si mesmo. Jamais perderá seu caracter conjectural, fazendo compartilhar em sua origem o trabalho do cientista e do poeta: ambos construirão formas que intermediarão a conduta permitindo-a dirigir-se ao real através da interpretação que lhe é permitido fazer (CP 1.383; 2.281). Guardará sempre uma margem de potencialidade para cres-

cer e se aperfeiçoar e, embora vise a representação rigorosa do real, sempre estará sujeito ao erro, à evolução e ao aperfeiçoamento.

O conhecimento é um processo dialogante e social visando a realização *em futuro* da comunidade que, através do tempo, dele participa.

Diante da infinidade do horizonte em que se projeta, conduzindo-se assintoticamente para a Verdade que o transcende como o fim transcende os meios, sua razão de ser, e sua mais íntima essência somente será por ele explicitada de modo progressivo, falível e aproximativo. Por maior que seja o esclarecimento que vier a trazer para a conduta que por ele se deixa dirigir, jamais desvelará de todo o enigma. Quanto mais a esclarecer, aliás, mais fará com que a razão se confronte com o infinito de seu destino. Não sendo um recurso disponível para o domínio da realidade, o conhecimento será sempre uma tentativa de decifração daquele enigma, alimentando-se e encontrando sua razão de ser exatamente no infinito daquilo que o atrai e que, por mais que seja esclarecido, jamais perderá sua infinita profundidade.

A evolução das formas

Em 1898, Peirce, em *The Logic of Continuity*, permite que o leitor o acompanhe em seu raciocínio sobre a racionalidade intrínseca a um Universo em evolução.

A chave para a compreensão das relações entre a formação de hábitos no universo e a construção diagramática que nos permite representar esse Universo ou qualquer parte dele, sem jamais perder de vista que nossa tentativa será a de auxiliar nossa conduta diante do mais desafiador enigma com o que se defronta, parece-nos se encontrar na incalculável desproporção existente entre a potencialidade absolutamente espontânea do real e a necessidade que tem a conduta de representar para si uma certa rede de relações que, como uma Forma, permita-lhe orientar-se na busca da Verdade na forma de seu sumo bem.

Tudo que é novo, espontâneo e livre de nada depende para ser, mesmo que em nossa vivência diária só se encontre permeado numa rede de relações altamente condicionada por determinismos de toda ordem. O novo, o espontâneo e o livre, como elementos pressupostos no âmbito de experiência, irão exigir um trabalho penoso da razão que os identifique no âmbito teórico da representação do Real.

Projetando-os em uma dimensão cosmológica, de um cosmos metafisicamente considerado e não restrito às considerações que têm por base as ciências físico-químicas, nelas compreendidas também as ciências

da vida, Peirce os proporá com a dimensão primordial de toda a gênese e de toda a organização. Só a esses elementos, dada sua própria definição, será conferida a capacidade de crescimento e originalidade. Tudo que em seguida, na formação do universo, tiver lugar, corresponderá a processos de algum modo seletivos. A partir da constituição de formas, definir-se-ão conjuntos no interior dessa espontaneidade, dando lugar a diferentes identidades no interior do Universo.

Assim, pode-se ler nas palavras de Peirce:

A evolução das formas começa ou, de qualquer modo, tem como seu primeiro estágio, uma vaga potencialidade; e esta ou é um contínuo de formas possuidoras de um multidão de dimensões demasiadamente grande para que se distingam as dimensões individuais ou é seguida por um tal contínuo. Deve ser por uma contração da vagueza dessa potencialidade de todas as coisas em geral mas de nenhuma em particular, que o mundo das formas tem lugar. (CP 6.1960)

As qualidades de sentido (*sense-qualities*) que vivenciamos, aparecem-nos como sentimentos (*feelings*). Para alcançá-las o mais proximamente possível de seu estado espontâneo original, já que em nossa experiência ordinária já se encontram em interação umas com as outras como fatos que a nós se impõem e que conosco interagem, exige-nos um especial e custoso exercício da imaginação abstrativa. Superada a barreira existencial da experiência, a única distinção encontrada entre a qualidade de sentido e o elemento de espontaneidade, embora altamente significativa, é a inserção da qualidade no âmbito da experiência possível, por assumir de uma forma que a define, multiplicando-a em diversas manifestações embora genuinamente espontâneas.

Imagine, escreve Peirce, uma cor magenta. Agora imagine que todo o resto de sua consciência — memória; pensamento; tudo, exceto esse sentimento de magenta — foi drasticamente eliminado, e com isso apagada toda possibilidade de comparar magenta com qualquer outra coisa ou de estimá-lo mais ou menos brilhante. Isso é o que você deve pensar ser a pura qualidade de sentido. Uma tal potencialidade definida pode emergir da indefinida potencialidade somente por sua própria Primeiridade vital e espontaneidade. Aqui está esta cor magenta. O que tornou originariamente possível tal qualidade de sentimento? evidentemente, nada mais do que ela mesma. Ela é um Primeiro. (CP 6.168)

Ao iniciar-se como pura potencialidade e espontaneidade, antes mesmo que qualquer forma a identificasse, a realidade a ser conhecida não se limita ao domínio dos seres físicos ou mesmo dos seres que existem em algum domínio do Universo. Com tais considerações, não se cai, contudo, no mero formalismo das palavras mas supõe-se uma esfera ideal, onde

as puras idéias encontram seu lugar próprio. Essa esfera não se opõe ao domínio da experiência, como aquilo que verdadeiramente é se opõe àquilo que nada mais é do que aparência.

A esfera das idéias, para Peirce sustenta todas as formas de ser e ela mesma encontra-se em constante e irreversível evolução. Contudo, o universo cósmico não se encerra no domínio das idéias. Ação e reação também são cósmicas e restringem em sua radical oposição a manifestação direta das meras qualidades como puras possibilidades. Acontecimentos têm lugar no universo e se opõem uns aos outros.

A potencialidade primordial não foi, contudo, eliminada mas somente obnubilada em sua manifestação imediata. Os próprios acontecimentos tendem a se conservar, dadas as qualidades positivas que mantêm e, um contínuo irá se expressando em meio ao existente, permitindo a conservação de caracteres e transformações dos mesmos. Muito haveria a demorar até que a genuína continuidade viesse a se expressar, e em seu seio o próprio Tempo. Todas as demais relações iriam se perpetuando e assumindo formas cada vez melhor definidas. O tempo e a lógica seriam, portanto, frutos da evolução em um processo constante de instauração da continuidade das formas em vista de uma crescente perfeição.

Nas próprias palavras de Peirce, podemos ler:

Em suma, se formos encarar o universo como um resultado da evolução, devemos pensar que não somente o universo existente, o lugar no cosmos a que se limitam as reações, mas todo o mundo platônico, que em si mesmo é igualmente real, é também evolucionário em sua origem. e entre as coisas assim resultantes estão o tempo e a lógica. O mais primordial e fundamental elemento que devemos assumir é uma Liberdade, Acaso ou Espontaneidade, por virtude de que o vago nada-em-particular geral que precedeu o caos assumiu milhares de qualidades definidas. O *segundo* elemento que devemos assumir que poderia ter havido reações acidentais entre aquelas qualidades. As próprias qualidades eram elas mesmas meras possibilidades eternas. Mas àquelas reações, devemos pensá-las como *acontecimentos*. Não que houvesse *Tempo*. Mas ainda, elas somente tinham o aqui e agora dos acontecimentos. (CP 6. 200)

Hábito e diagramas

Por motivo precipuamente expositivo, justifica-se subdividir a discussão do estatuto do hábito no Universo e das construções diagramáticas em duas partes, cada uma sendo tratada separadamente, até vir reuni-las novamente no final do texto. Recomenda-se tal divisão, convém insistir, não por se tratar de entidades essencialmente diferentes, dizendo respeito a

aspectos distintos de nossa vivência. As construções diagramáticas correspondem a lugares privilegiados para a constituição sobretudo de hábitos intelectuais. E os hábitos, por sua vez, são para a conduta aquela disposição da qual, especialmente, nos argumentos lógicos, os diagramas são os tipos representativos.

Outras divisões também poderiam ser adotadas para dar prosseguimento à exposição de nossas idéias. Peirce, com frequência, faz notar que os hábitos podem ser estudados do ponto de vista fisiológico ou na esfera psicológica, quando mais comumente reconhece-se a presença de diagramas. Isto, não entanto, não exclui que se encontre ao nível fisiológico, especialmente nos processos metabólicos, o recurso ao reconhecimento de padrões gerais de formas, equivalentes, poder-se-ia dizer, àquele presente na observação de diagramas.

Tratar distintamente hábitos e diagramas, portanto, não significa considerar classes separadas de fenômenos, mas simplesmente tentar tornar a compreensão do texto menos arriscada.

O hábito

O hábito é atribuído por Peirce às mais diversas esferas do domínio dos fenômenos. Há textos nos quais a formação de hábitos é proposta como o princípio primeiro, senão o único, para a constituição de um Universo evolucionário, assumindo, portanto, dimensões genuinamente cósmicas em sua mais ampla generalidade.

Outros textos reconhecem a presença de hábitos em formação, na esfera de classes particulares de fenômenos: no domínio dos fluidos e dos cristais, reconhece Peirce a presença de tais processos generalizadores da conduta; na constituição dos seres vivos - plantas e animais - suas condutas são reconhecidas como sustentadas em hábitos adquiridos por aprendizagem e, muito especialmente, nas frequentes considerações sobre as propriedades das células nervosas na constituição de redes funcionais a capacidade encontrada de aquisição de hábitos leva Peirce a concluir serem suas leis suficientes para que se explique, aí já no plano psíquico, a formação mental, especialmente de caráter cognitivo.

Atingindo o nível do metabolismo celular e a determinação da conduta das células nervosas, a análise peirceana vai encontrar a outra vertente que também recorria à formação de hábitos para a compreensão dos fenômenos psíquicos e cognitivos. O hábito nesse caso situava-se na esfera das considerações lógicas, semióticas e epistemológicas: o hábito sendo visto com a natureza de um *interpretante lógico final*, signo capaz

de representar seu objeto por intermédio de um primeiro de um modo genuinamente necessário e geral.

Mesmo antes de ter estabelecido as categorias fenomenológicas de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade e, por conseguinte, de ter podido estabelecer a semiótica como ciência de como devem ser todos os signos para uma inteligência capaz de aprender com base na experiência (CP 2.227), Peirce já relacionava hábito, sentimento, consciência e volição no processo psíquico do pensamento e na construção dos argumentos lógicos.

Em *A Theory of Probable Inference*, de 1883, Peirce ainda tomando a figura do silogismo aristotélico como modelo para a compreensão dos processos argumentativos, irá reconhecer na forma abstrata da lógica a estrutura relacional representativa da conduta do ser inteligente. Mais ainda, como haverá oportunidade de se ver mais tarde, conduta inteligente não estará de modo algum sendo confundida com comportamento psicológico, nada indicando que tal conduta sequer seja uma prerrogativa dos seres humanos. O texto de Peirce, do qual foi selecionado o seguinte trecho, parece esclarecedor:

O conhecimento de uma regra não é necessariamente consciente, mas é da natureza de um hábito, adquirido ou congênito. O conhecimento de um caso é da natureza geral de uma sensação ; isso é, é alguma coisa que surge na consciência presente. O conhecimento de um resultado é da natureza de uma decisão de agir de um modo particular numa dada ocasião. [...] quando passamos das formas mais baixas para as mais altas de enervação, os equivalentes fisiológicos escapam à nossa observação; mas, psicologicamente, temos ainda, em primeiro lugar, o hábito — que em sua forma mais alta é o entendimento, e que corresponde à premissa maior do *Barbara*; temos, em segundo lugar, o sentimento, ou consciência, correspondendo à premissa menor do *Barbara*; e temos, em terceiro lugar, a volição, correspondendo à conclusão daquele mesmo modo de silogismo. Apesar dessas analogias, assim como em todas as generalizações muito amplas, possam parecer muito imaginosas à primeira vista, quanto mais o leitor refletir sobre elas mais profundamente verdadeiras, creio eu, elas aparecerão. Elas fornecem uma significância ao antigo sistema da lógica formal como nenhuma outra é capaz de fazer. (CP 2.711)

Na mesma perspectiva, já em 1891, em um texto conhecido como *The Law of Mind*, Peirce relacionará as três espécies básicas de raciocínio, a saber: a Dedução, a Indução e a Inferência Hipotética, a três momentos diversos da presença dos hábitos no processo de pensamento. Nesse etapa da formação do pensamento peirceano, indução e inferência hipotética

tética, como será possível perceber, aparecem como a aplicação de um mesmo método - o da associação - sob sujeitos de atribuição diferentes: a indução associa uma mesma representação a sujeitos diferentes, enquanto que a inferência hipotética associa predicados, ou qualidades, a uma mesma classe de sujeitos.

Fica nítido, porém, como desde o início desse texto acentuava-se, que a formação de hábitos sempre terá a função de determinar a conduta diante de um universo mais indiferenciado de qualidades ou de sensações, diversificando as formas e melhor as definindo, por um processo que não acrescenta ser ao que já é, mas restringe suas possibilidades de vir a ser. A especialização da lei da mente, conferida pelo texto à atuação do hábito, teria exatamente essa função seletiva e especializante:

As três principais classes de inferências lógicas são a Dedução, a Indução, e a Hipótese. Elas correspondem aos três principais modos da ação da alma humana. Na dedução a mente está sob o domínio de um hábito ou associação por virtude do qual uma idéia geral sugere em cada caso uma reação correspondente. Mas vê-se que uma certa sensação envolve aquela idéia. Consequentemente, àquela sensação, segue-se aquela reação. Esse é o modo pelo qual a pernas retiradas de uma rã raciocinam, separadas do resto do corpo, quando tocadas. Esta é a mais baixa forma de manifestação psíquica.

§145- Pela indução, estabelece-se um hábito. Certas sensações, envolvendo uma idéia geral, são, cada uma delas, seguidas pela mesma reação; e uma associação estabelece-se, quando aquela idéia geral passa a ser seguida uniformemente por aquela reação.

O hábito é aquela especialização da lei da mente pela qual uma idéia geral ganha o poder de excitar reações. Mas para que a idéia geral atinja toda sua funcionalidade, é necessário também ser ela sugerível por sensações. Isto se realiza pelo processo psíquico que tem a forma de inferência hipotética. Por inferência hipotética, eu entendo, uma indução a partir de qualidades. [...] A mente atua de uma maneira semelhante a essa toda vez que adquirimos um poder de coordenar reações de um modo peculiar, como ao realizar qualquer ato que suponha habilidade. Desse modo, muitas pessoas têm dificuldade em mover as duas mãos simultaneamente e em direções opostas uma da outra através de dois círculos paralelos próximos do plano medial do corpo. Para aprender a fazer isso, é necessário, primeiramente, prestar atenção às diferentes ações em diferentes partes do movimento, quando subitamente uma concepção geral da ação tem origem e esta torna-se perfeitamente fácil. Pensamos que o movimento que estamos tentando fazer envolve aquela ação, e aquela outra, e assim por diante. Então, a idéia geral surge unindo todas aquelas ações, e a partir de então o desejo de realizar o movimento faz apelo à idéia geral. O mesmo processo mental é muitas vezes

empregado quando estamos aprendendo uma língua ou adquirindo alguma espécie de técnica.

§146- Desse modo, por indução, um certo número de sensações seguido por uma reação, unifica-se sob uma idéia geral seguida da mesma reação; enquanto que, pelo mesmo processo hipotético, um certo número de reações suscitadas em uma ocasião, une-se em uma idéia geral suscitada naquela mesma ocasião. Por dedução, o hábito preenche sua função suscitando certas reações em certas ocasiões. (6.144 - 146)

Ao relacionar nos seres vivos, num contínuo fenomenológico, lógica e ato de conduta, Peirce irá pouco a pouco preparando o lugar para a semiótica. No início do texto, as três espécies de raciocínio são de pleno atribuídas à alma humana; contudo, os dois exemplos apresentados no decorrer do mesmo, um para caracterizar o processo dedutivo e o outro o processo indutivo conjugado com o de formação de hipóteses não exige para compreender tais procedimentos ter o leitor de afastar-se do cotidiano ou, sequer, desconhecer o modo de atuar dos outros seres que o rodeiam.

A Dedução é para Peirce a decorrência ativa de um hábito ou de uma associação já adquiridos, acompanhada por uma sensação que a desencadeie: o exemplo que será dado é o da resposta interpretativa das pernas de uma rã separadas do resto de seu corpo, quando são elas tocadas por algum instrumento. Pelo hábito adquirido da rã, presente em suas pernas, através de seus gânglios no sistema enervado que as comanda, hábito pelo qual afastar-se-á sempre ou quase sempre de algo que a agrida, irão aquelas pernas separadas do resto do corpo movimentar-se de modo a livrar-se da agressão como de um caso particular previsto na regra geral de seu comportamento. O exemplo aqui apresentado, parece, pois, para o autor suficiente para a compreensão de um processo que, em nossa experiência, poderá dizer respeito a atividades tão complexas quanto o recurso a teorias para o auto-controle diante de situações experimentais da mais diversa ordem.

A Indução, por seu lado, constitui-se no processo pelo qual um hábito geral é adquirido e estabelecido. No âmbito semiótico em que os seres se conduzem, toda experiência, como um processo interativo, será acompanhado de uma idéia que possibilita sua interpretação. Desse modo, às sensações, seguir-se-ão estados potenciais de interpretação, fazendo com que às reações suscitadas comecem a ter lugar associações de idéias e representações gerais que permitirão um preparo do sujeito para se conduzir no futuro diante de situações geradoras de sensações semelhantes às que-las agora experimentadas.

Pela inferência hipotética, sintetizam-se qualidades de sensação antes dispersas, construindo-se na mente, sob a forma de uma imagem operatória, um programa unificado de conduta que, simultaneamente ao exercício reiterado, habilitará a conduta a mais rápida e eficientemente atingir seus objetivos. Esse processo deixará progressivamente de ocupar o campo da consciência, para integrar a espontaneidade de uma ação dirigida a um objeto procurado. Cabe novamente notar, pelo exemplo oferecido por Peirce e pelas extensões apontadas para sua aplicação, tratar-se somente de casos em que alguma dificuldade inicial deva ser superada, mas não necessariamente de alguma atividade determinada por um alto grau de complexidade. O movimento coordenado dos membros superiores de um ser humano adulto, perfeitamente estendido para os primeiros passos de uma criança, o aprendizado das línguas ou de qualquer outra habilidade está aqui sendo contemplado. Porque não dizer que o mesmo se dá com seres não humanos e que, conseqüentemente, se apresentam como inteligências dotadas da capacidade de aprender, habilitando-se a mais destramente agir no futuro?

Em 1898, ano de singular relevância para a produção de Peirce em assuntos relacionados ao hábito e à presença deste último na constituição de um Universo em evolução e que, por outro lado, prenuncia uma nova abordagem da lógica do pensamento, fundamentada na construção diagramática e na semiótica, ainda é possível dar um passo adiante na compreensão do tratamento do hábito, na sequência do que vinha sendo apresentado.

Em *Critical Analysis of Logical Theories*, alcança-se com excepcional clareza o que Peirce compreende por racionalidade e o papel de singular importância nela assumido pelos hábitos de conduta.

A distinção tão cuidadosamente mantida entre as exigências psíquicas, essenciais para que haja pensamento, e as configurações psicológicas, especiais, que este pode assumir, apresenta-se claramente nesse texto: é necessário, para compreender o pensamento naquilo que lhe é essencial e em sua maior abrangência, distingui-lo como fenômeno psíquico de dimensões cósmicas, de suas manifestações psicológicas particulares nas quais tem lugar a consciência. Caso contrário, o antropomorfismo de nossas teorias desconhecerá seus limites de legitimidade e comprometerá a representação do cosmos e de todas suas possíveis manifestações, dando cobertura a um indesejável antropocentrismo.

Em palavras não colhidas no autor, ousar-se-ia dizer que, sem tal cuidado, a ciência que se pretenderia fazer, nada mais seria do que uma racionalização ideológica, comprometida com uma insustentável supervalorização de um certo homem racional, ele mesmo escravo de sen-

sações particulares travestidas em sublimes instâncias transcendentais: uma lógica dependente da consciência, apontará Peirce nesse texto, é tão falsa e pretensiosa quanto uma ética dependente de um prazer ou bem estar.

Mesmo em um ceticismo empirista, esse comprometimento não seria superado, pois o posicionamento assumido não seria capaz de deslocar sua visão da particularidade de experiência humana, preferindo mantê-la mesmo que em detrimento da genuína universalidade do conhecimento científico.

Decorrente, com certeza, da preocupação de manter íntegro o estatuto do conhecimento, o texto procurar esclarecer as relações fundamentais entre hábito e racionalidade:

A lógica é obrigada a supor (não necessitando asseverar) que há conhecimento encarnado em alguma forma, e que há inferência, no sentido em que a encarnação do conhecimento afeta outra. Não lhe é obrigado chegar a *supor* que haja consciência. Descartes era da opinião que os animais eram autômatos inconscientes. Ele poderia também ter pensado que todos os homens, salvo ele mesmo, eram inconscientes. Supo-los desse modo não anula as regras da lógica. Permanece ainda verdadeiro que tal ou tal hábito de determinar-se uma virtual reserva de conhecimento por uma outra resultará na concentração de ações de modo a alcançar fins definidos. A essência da racionalidade está no fato de que o ser racional *irá* atuar de modo a atingir certos fins. Impeça-lhe de proceder de um certo modo, e ele atuará de algum modo um pouco diferente e que produzirá o mesmo resultado. A racionalidade consiste em ser governado por causas finais. A consciência, o sentimento do instante que está passando, não diz respeito à racionalidade. A noção de que a lógica diz de algum modo respeito à consciência é uma falácia intimamente aliada ao hedonismo em ética. (CP 2.66)

A condição temporal e evolutiva dos seres vivos os insere em um regime de economia que, diante do embate do inesperado, exigirá que se preparem para manter sua conduta futura direcionada ao objeto que desejam alcançar ou ao qual se destinam. Para isso não é necessária a representação consciente, embora, como será possível ver em outros textos, não se deva menosprezar a contribuição dessa última na determinação da conduta. O hábito, esse sim, não pode ser descartado na compreensão de toda e qualquer conduta racional, ele se constituindo, diz o texto, nessa "virtual reserva de conhecimento" que hierarquiza os modos de se aplicar a energia no contexto da experiência, diversificando caminhos preferenciais de ação. Evoluir será tarefa da aquisição dessa capacidade virtual, reconhecida como hábito de conduta.

A dimensão cósmica que um princípio geral como o da aquisição de hábito assume, conta com a análise de vários textos peirceanos. Em 1891, dois textos retomam o mesmo tema: uma carta especialmente dedicada a considerações cosmológicas, carta esta dirigida a sua ex-aluna em Johns Hopkins, Christine Ladd-Franklin, e o famoso *A Guess at the Riddle*, acima já mencionado, que em um de seus tópicos, denominado 'The Triad in Physics' procura a consideração do universo físico de uma maneira evolucionária, tomando por base as três categorias fenomenológicas de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade, dedicam atenção para esse tema. Dada, praticamente, a equivalência das considerações presentes nos dois textos, parece suficiente detalhar a leitura de somente um deles.

Na carta endereçada a Christine Ladd-Franklin, a certa altura, pode-se ler:

[Minha] teoria [cosmológica] é que a evolução do mundo é **hiperbólica**, isto é, procede de um estado de coisas no passado infinito, a um diferente estado de coisas no futuro infinito. O estado de coisas no infinito passado é o caos, que consiste na total ausência de regularidade. O estado de coisas no futuro infinito é a morte, o nada que consiste no completo triunfo da lei e da ausência de toda espontaneidade. Entre esses dois estados, temos do **nosso** lado um estado de coisas no qual há alguma espontaneidade absoluta contra toda lei, e algum grau de conformidade à lei, que está constantemente sendo incrementado devido ao crescimento do **hábito**. A tendência de formar hábitos ou de generalizar, é algo que cresce por sua própria ação, pelo próprio crescimento do hábito de adquirir hábitos. Seus primeiros germes surgiram do puro acaso. Havia leves tendências para obedecer regras que foram seguidas, e essas tendências eram regras que foram mais e mais obedecidas por sua própria ação. Havia também leves tendências do proceder diferentemente do que em um momento prévio, e elas destruíram-se. [...]

318- Creio ser a lei do hábito puramente psíquica. Mas, então, suponha que a matéria simplesmente é mente morta pelo desenvolvimento do hábito. Enquanto todo processo físico pode ser revertido sem violação da lei da mecânica, a lei do hábito proíbe tal reversão. De acordo com isso, o tempo desenvolveu-se por ação do hábito. [...] Não havia tempo real enquanto não havia regularidade... (CP 8.317-318)

Há, por parte de Peirce, a suposição de que um Universo em genuína evolução não pode ser concebido como mantendo algum substrato inalterado, só fazendo variar alguns de seus componentes. Sequer a lei que sustenta a organização do Universo pode constituir-se em uma invariante no processo evolucionário.

A evolução do Universo vai de um estado constituído exclusivamente por uma total e irrestrita potencialidade até um estado de absoluto domínio da regularidade e da lei. Desse modo, o princípio que torna inteligível um universo em radical evolução somente pode ser um que no próprio domínio do acaso se apresentasse como uma tendência, a qual iria se atualizando de modo crescente e contínuo na forma de uma lei cada vez mais abrangente.

Para Peirce, a aquisição de hábitos responde a essa exigência de mútua aproximação de elementos afins, por mais tênue que fosse o fundamento de tal afinidade. Os conjuntos que tenderiam a se formar, tenderiam igualmente a se expandir e a se consolidar; enquanto que a relação contrária, em seu desenvolvimento, tenderia à desagregação e ao desaparecimento. Vencido o momento da mera casualidade, característica do espontâneo, devido ao choque de possíveis e a constituição mesmo que, de início, efêmera de existentes, iria selecionando a sorte dos possíveis e diferenciando-se os conjuntos. A permanência de existentes, já começaria a corresponder à presença de um terceiro elemento, distinto de ambos os outros: - o contínuo. A esperança cada vez maior de que certas regularidades se mantivessem, novamente reforçaria o processo seletivo do real, e, já, classes fenomênicas começariam a ter lugar. Os impactos da existência seriam melhor absorvidos por essas estruturas regulares, a elas correspondendo o que Peirce compreende por hábito.

A irreversibilidade de um tal processo generalizante e especializador tende a fazer dominar a lei sobre o existente e a impedir, cada vez mais, a manifestação da espontaneidade e do acaso, sendo esse compreendido como desvio face a lei.

Nosso acesso simultâneo ao acaso, à existência e ao hábito, mostra-nos em um estado intermediário do universo. Se certos fenômenos nos parecem estaticamente equilibrados e invariantes, isso poderia ser explicado pela simultaneidade de fenômenos em diferentes estados e em diferentes ritmos no processo evolucionário.

Na plasticidade que nos é própria, percebemo-nos adquirindo hábitos e verificamos como se dá tal aquisição. Isso, contudo, em perfeita coordenação com os outros seres, em um processo universal de igual natureza, embora com velocidades e em estágios diferentes aquisição. Somos, para nós mesmos, um lugar privilegiado para conhecer esse princípio mas não necessitamos excluímo-nos do todo ou julgarmo-nos um conjunto privilegiado de seres.

Rompida a continuidade que a todos integra num cosmos em constante evolução, não há mais explicação cabível para qualquer parte

que o constitua. Por outro lado, é também devido ao hábito em constante aquisição que o cosmos é tal como é e nós somos tais como somos.

Ainda no mesmo ano em que redigiu a carta a Christine Ladd-Franklin e o admirável *A Guess at the Riddle*, escreveu Peirce um artigo intitulado *Man's Glassy Essence*, publicado no periódico *The Monist*. Nesse artigo, o autor se defronta com a posição que aceitaria a presença de um processo evolucionário no universo, reduzindo-o, contudo aos princípios determinísticos da lei mecânicas, fundamentando a variação nele implicado na lei dos grandes números. Peirce irá aceitar que hábitos adquiridos não supõem que tenham sua origem em um princípio universal de aquisição de hábitos. Não seria de todo impossível a convivência de hábitos sendo adquiridos e a manutenção universal da lei da conservação da energia, desde que essa lei não exigisse um estrito determinismo para ser aplicada. O lugar concedido ao acaso como lugar da variação fortuita, sem que nenhum princípio se responsabilizasse pelo próprio passado de generalização e diversificação, faria do Universo, um quadro de infinita dispersão de seres irreduzivelmente individuais. Não haveria mais leis; contudo, simples aparências inexplicáveis de ordem e regularidades. Pode, assim, Peirce concluir:

Aqueles, portanto, que insistem na doutrina da necessidade na maior parte insistirão que o mundo físico é inteiramente individual. Mesmo a lei envolve um elemento de generalidade. Dizer, agora, que a generalidade é primordial, mas a generalização, não, é como dizer que a diversidade é primordial mas a diversificação, não. Isso põe a lógica de cabeça para baixo. De qualquer modo, claro é que somente um princípio de hábito, ele mesmo devido ao crescimento pelo hábito de uma tendência casual infinitesimal para a aquisição de hábitos é a única ponte que pode vencer o quiasma que se interpõe entre a mistura casual do caos e o cosmos de ordem e lei. (CP6.262)

Para responder a questões bem específicas sobre as leis do pensamento no interior de um universo povoado por organismos e de outros seres materiais, mais especialmente, quanto às relações que se manteriam entre o nível psíquico e o nível fisiológico de seres dotados de sistema nervoso central, com especial ênfase no ser humano, Peirce investiu na unidade de princípios para a constituição dessas duas dimensões da realidade fenomênica. Trata-se, como já foi acima afirmado, da defesa da tese de distintos estados de uma única realidade que, em certos casos sobretudo, mantém estreita interação em sua constituição e funcionamento. No caso dos seres dotados de sistema nervoso central, por ser, talvez, o nosso, e, por isso mesmo, ao qual se tem maior acesso, essa interrelação pode ser bem melhor definida.

A veemência com a qual apresenta sua tese num artigo datado de 1879 (PEIRCE, 1986, p. 38-44) merece ser, neste momento, considerada. Lê-se aí:

O pensamento é feito com o cérebro, e o cérebro é um complexo de nervos; de tal modo que o pensamento está necessariamente sujeito às leis gerais da ação nervosa (p.38), [e, mais adiante], não encontramos indicações seguras da existência de uma consciência não conectada a um organismo nervoso; e quanto mais complicado o organismo, mais alta é sua consciência. Se a alma existe como uma substância independente ou não, certo é que a inteligência, tal como nós a conhecemos, reside no sistema nervoso; de modo que as leis da primeira necessariamente correspondem às deste último. Rastear com cuidado científico esta correspondência aonde quer que se encontre, neste momento não seria possível; mas o esboço grosseiro que podemos fazer, embora não esteja livre de erros, não deixará de lançar uma forte luz sobre a teoria da lógica. (p. 40)

Peirce estava perfeitamente consciente dos estritos limites apresentados pelo conhecimento científico disponível, em seu tempo, sobre um fenômeno tão complexo. Todavia, simultaneamente aos seus pedidos de informação a William James sobre o estado da questão no momento (CP. 8.270-275), Peirce pessoalmente insistia em avançar algumas hipóteses sobre o assunto. Esperava ele que estas explicações formalmente deduzidas de algumas premissas aceitáveis, pudessem abrir um caminho para a pesquisa futura.

Pensava ele que poderia ser encontrada na estrutura química do *protoplasma* das células nervosas, a sede da atividade sensível. O grau de viscosidade apresentada por aquela substância, permitir-lhe-ia *sentir*. Deve-se lembrar, que *sentimento* para Peirce sempre foi considerado a primeira manifestação do pensamento e, como uma qualidade, o modo original de ser. (ver PEIRCE, 1982, p.10 -12; SILVEIRA, 1996, p. 67-78).

Sendo as células nervosas capazes de sentir, Peirce propôs alguns caminhos pelos quais o sistema nervoso pode realizar a experiência dual de *sensação* e a mais importante de todas as funções mentais, a saber, aquela de *aprender*.

O *sentimento* poderia ser considerado uma propriedade monádica das células nervosas. As *sensações* decorreriam da propriedade demonstrada das células de agir umas sobre as outras, assim como de reagir a estímulos vindos do meio.

Finalmente, *aprender* resultaria da capacidade apresentada pelas células nervosas de formar redes e, no futuro, agir preferencialmente através delas. Diante desta capacidade identificada com a propriedade de

adquirir hábitos, tornar-se-ia possível concluir que o sistema formado pelas células nervosas pode efetivamente superar o princípio mecânico da ação e reação e sustentar uma conduta racional. (CP1. 385-394).

Células nervosas, articuladas em sistemas, realizariam tudo que seria necessário para explicar os processos intelectuais e não exigiriam nada mais para que se explicasse a aprendizagem em qualquer nível que se fizesse. Sensíveis e interagentes, buscariam seus fins, e adquirindo hábitos determinariam os modos mais seguros de obtê-los, sem com isso confundirem-se com o determinismo meramente eficiente das leis mecânicas. Dariam conta, fisiológica e psiquicamente, do vetor evolucionário que as integram, fisiológica e psiquicamente, a um cosmos em constante formação.

Exclui-se a necessidade de se fazer referência à consciência para compreender a aquisição de hábitos e a interagir racionalmente no universo. Sem cair no impasse de atribuir a seres que não a nós mesmos uma instância específica de subjetividade, resvalando em um psicologismo incapaz de representar, sem abuso, as dimensões genuinamente cósmicas do real, Peirce não deixa, porém, de considerar a importante função da consciência na instância que lhe é própria.

Em 1891, em *A Guess at the Riddle*, a certa altura, Peirce faz a consciência, como representação sintética, consequentemente perceptiva e existencial, decorrer das próprias bases fisiológicas do psiquismo, como poder seletivo e generalizador dos sentimentos experimentados ao nível celular e radicado do sistema nervoso. Esse poder seria a condição necessária e suficiente da racionalidade. Em suas próprias palavras, pode-se ler:

A consciência sintética genuína, o sentido do processo de aprendizagem, que é o elemento proeminente e a quintessência da razão, tem mui evidentemente sua base fisiológica na propriedade mais característica do sistema nervoso, o poder de adquirir hábitos. (CP 1.390)

Anos mais tarde, entre 1906 e 1907, em *A Survey of Pragmaticism*, Peirce depois de mais uma vez descartar a hipótese que a aquisição de hábito implique em qualquer forma de tomada de consciência, irá fazer a seguinte ressalva:

Mas enquanto digo isso, não se deve inferir que vejo a consciência como um mero 'epifenômeno'; embora afirme de coração de que a hipótese de que isso é assim tem prestado um bom serviço à ciência. Pelo que posso apreender, a consciência pode ser definida como aquele acúmulo de predicados não relativos, variando grandemente em qualidade e em intensidade, que são sintomáticos da interação do mundo exterior — o mundo daquelas causas que são excessivamente compulsivas sobre os modos de consciência, com distúrbios que algumas vezes chegam a chocar, e se movem somente delicada-

mente, e somente por uma espécie especial de esforço, esforço muscular — e o mundo interior, aparentemente derivado do exterior e condutível pelo esforço direto de várias espécies com reações fracas; a interação desses dois mundos consistindo principalmente de uma ação direta do mundo exterior sobre o mundo interior e uma ação indireta do mundo interior sobre o exterior sobre a operação de hábitos. Se essa for uma explicação correta da consciência, isto é, do acúmulo de sentimentos, parece-me que ela exerce uma função real no autocontrole, pois sem ela, ou ao menos sem aquilo de que ela é sintomática, as decisões e os exercícios do mundo interior não poderiam afetar as determinações reais e os hábitos do mundo exterior. Digo que esses últimos pertencem ao mundo exterior pois não são meras fantasias mas agentes reais. (CP 5.493)

Não é possível desprezar as interações entre o psíquico e o fisiológico, aí considerando, presume-se, a integridade das interrelações semióticas. Para que o interior e exterior constituam-se em dois mundos supõe-se, para Peirce, um contexto de significação. Interioridade e exterioridade são, como tais, interpretações na determinação da conduta. Apresenta-se como exterior num processo de representação, aquilo que vier a exercer a função de objeto. A colaboração da consciência na interação com o mundo exterior, seja ele, portanto, extra ou intra-psíquico, exterior ou interior ao sujeito em suas dimensões psico-somáticas, decorrerá do fato de que nenhuma relação imediatamente se estabelece entre hábitos diversos. A intermediação do sensível é condição necessária para que entidades gerais como são os hábitos, exerçam ação no mundo real. Sendo, pois a consciência, como a concebe Peirce, uma sensação, fornecerá o substrato sensível exigido para a intervenção dos hábitos de conduta nas ocasiões em que devam atuar. Sensível às determinações dos objetos, a consciência decorre da interação do mundo exterior ou quasi-exterior, como dissera Peirce 1903 (CP5.424), com o mundo interior da subjetividade cuja conduta está, mediante os signos, sendo determinada. Sustenta por seu lado, indiretamente, a intervenção dessa conduta sobre o que exerce a função de objeto, permitindo a um hábito efetivar-se em um ato.

Nem sempre, contudo, a experiência aflorará à consciência dando-lhe lugar, nem um hábito exigirá que a ação que dele se seguirá seja mediada ao nível daquela sensação decorrente da 'observação de nossos próprios sentimentos pelo sentido reflexivo' (CP 1.365), ou do 'sentimento do instante que está passando' (CP 2.66).

O Diagrama

No ano de 1898, Peirce começa a produzir textos que fornecem ao leitor uma concepção de lógica que progressivamente se aproxima

das condições fenomenológicas do exercício da conduta racional. No seio dessa concepção altamente esclarecedora da produção do pensamento teórico, tem lugar o aprofundamento cada vez maior da teoria da forma diagramática do pensamento que propiciará, inclusive, o pleno desenvolvimento da teoria dos grafos, ao qual Peirce irá se dedicar com afincio até seus últimos anos de vida.

O detalhamento desta última teoria exigiria um espaço e uma atenção descabidos no âmbito do presente texto. Em um grau mais amplo de aproximação e, conseqüentemente, não tão minucioso quanto exigiria uma exposição mesmo que sumária dos grafos, o que se pretende considerar no momento sobre o diagrama, é seu caráter representativo e, mesmo experimental, da produção de hábitos gerais de conduta e de determinação de interpretantes lógicos que sustentem aquela produção.

Naquele ano, em *Why Study Logic*, Peirce sentiu, mais uma vez, a necessidade de desfazer qualquer equívoco sobre as relações entre as exigências lógicas do raciocínio e as motivações e repercussões psicológicas que podem e costumam acompanhá-lo.

O transcendentalismo que tinha marcado a tradição alemã de pensamento insistia na presença de uma intuição humana da racionalidade de qualquer representação. As tentativas frequentes naquela mesma tradição de manter a transcendentalidade da razão e da subjetividade que se supunham encontrar-se em sua origem, evitando contudo qualquer contaminação psicológica e, por conseqüência, particular e contingente, pareciam levantar para si, constantemente, problemas insolúveis.

Devido a um tão insistente insucesso, Peirce, desde ao menos 1867, com sua *On A New List of Categories* (CP 1.545-559), trabalhou para encontrar uma fundamentação teórica que respeitasse as exigências de universalidade e necessidade das representações racionais, mas não mais se submetesse aos ardis de um Eu que fosse, ao mesmo tempo, sujeito de experiência e instância originária do pensamento e da racionalidade (Cf. SILVEIRA, 2000, p. 117-126).

Prefere, então, reconhecer os méritos da tradição filosófica inglesa que, desde os tempos medievais, guardara um prudente ceticismo face ao poder de se intuir o verdadeiramente racional no universo frágil da aparência. Embora concluindo de maneira muito diversa, em cada uma das formulações que deu ensejo, seu quadro geral de explicação da realidade, essa tradição sempre insistiu no reconhecimento da independência das relações lógicas que devem reger o pensamento, diante do fundamento com que poderia contar a mente humana para ascender ao conhecimento. Com as conclusões que os diversos autores defenderam, Peirce não pretende de

modo algum comprometer-se. Mantém-se tão somente concorde com a independência das leis lógicas e com as exigências de respeitá-las ao se adotar uma procedimento racional.

Desse estatuto autônomo da lógica decorrerá a exigência para a razão de observar as construções que elabora e de respeitar as regras de construção como condição necessária da verdade *formal* do pensamento. A construção diagramática corresponde exatamente ao procedimento exigido pela lógica, para que se proceda racionalmente. Pode-se, então, encontrar no texto peirceano como se desenvolve o pensamento na exploração das formas diagramáticas:

[...] Imaginamos casos, colocamos diagramas mentais diante dos olhos de nossa mente e multiplicamos aqueles casos, até que se forme um hábito de esperar que tenha lugar o caso que foi visto como sendo o resultado em todos os diagramas. Apelar a tal hábito é muito diferente do que apelar para qualquer instinto imediato de racionalidade. [...] um hábito é involuntariamente formado a partir da consideração de diagramas, cujo processo quando aprovado deliberadamente torna-se um raciocínio indutivo. (CP 2.170)

O diagrama é concebido como um lugar construído pela mente para observar suas próprias construções e sobre elas fazer experimentos. Pela reiteração atenciosa desses procedimentos, prepara-se a mente para atuar no futuro quando lhe for exigido estabelecer relações semelhantes às que construiu naquela ocasião. O trabalho no diagrama é, então, a ocasião plenamente adequada para se adquirir hábitos intelectuais genuinamente gerais. Como campo de observação e de experimentação, trata-se de um trabalho sobre um signo, ou mediador que, no máximo, habilita a razão a proceder segundo a coerência da construção obtida. Não há, pois, qualquer acesso imediato e privilegiado ao real que pudesse levar a razão a intuir-lhe a racionalidade. A esfera do racional no espaço diagramático está sujeita a erros e simplesmente colabora para que de uma experiência realizada em situação de máximo controle, possa a razão antecipadamente preparar-se para qualquer situação que àquela se assemelhe, mesmo que, diante dela se apresentem objetos que não sejam resultado de suas próprias construções. A experimentação sobre o diagrama resulta na constituição de um hábito de conduta, seja ou não essa experimentação deliberadamente feita. Consciente ou não, a experimentação adequará a razão para proceder futuramente de modo semelhante àquele como antes proceza. Elevando-se ao nível da argumentação, essa aquisição de hábitos, constituir-se-á nos processos indutivos de inferência.

Após longamente discutir com os defensores de uma intuição da racionalidade, Peirce termina suas considerações como uma retomada

sumária e especialmente esclarecedora dos motivos pelos quais a razão procede ao interagir, através dos diagramas, com suas próprias construções. Essas são as condições do trabalho racional:

Os fatos são coisas brutas que não consistem em eu pensá-los de um modo ou de outro, mas permanecem imóveis não importa quanto você, eu ou qualquer homem ou gerações de homens possam opinar sobre eles. São esses fatos que eu quero conhecer, de modo que eu possa evitar desapontamentos ou desastres. Como, no fim, eles devem comigo se defrontar, que eu os conheça o mais cedo possível, e me prepare para eles. Este é, em última análise, todo meu motivo para raciocinar. Desejo, portanto, raciocinar de tal maneira que os fatos não me desapontem ou possam me desapontar quanto às promessas de meu raciocínio. Que tal raciocínio seja agradável aos meus impulsos intelectuais, é um assunto que não traz qualquer consequência. Não raciocino pelo deleite de raciocinar, mas somente para evitar desapontamento e surpresa. Consequentemente, devo planejar meu raciocínio de modo a que eu evidentemente venha a evitar aquelas surpresas. Essa é a **racionalidade intrínseca** da doutrina inglesa. Ela é tão perfeita quanto simples. (CP. 2.173)

As possíveis repercussões subjetivas decorrentes são acessórias e não dizem respeito à essência da tarefa realizada. O que importa é a aquisição de hábitos que, selecionando os procedimentos objetivamente mais seguros, porque testados em situações de excepcional controle, habilitarão a razão a conduzir-se no futuro com maior prontidão e segurança. Falhas sempre poderão ocorrer, e não é sua eliminação *a priori* que o procedimento racional, por via diagramática, poderá prometer. Fornecerá, contudo, fundamentada esperança de que sempre procedendo metodicamente, pela observação e a experimentação, ocorrendo erro, a razão terá oportunidade de mais cedo detectá-lo, e corrigir seu percurso, em vista do objeto que deseja conhecer e interagir.

Em 1906, Peirce retoma em *Prolegomena to an Apology for Pragmaticism* suas considerações sobre a função do diagrama na produção do pensamento. Irá, contudo, conferir maior ênfase à natureza mesma do diagrama, inserindo-o no quadro semiótico das relações por ele mantidas com seu Objeto. Descrevendo o diagrama como um lugar de experimentações, substituto das interações da mente no espaço ocupado pelas 'coisas reais', como antes já o fizera, irá definir a natureza essencialmente semiótica das relações aí estabelecidas. Dirá para alguém que, por ventura, acreditar ser diferente pensar sobre diagramas construídos pela mente ou produzir em laboratório reações químicas, que tal distinção não implica em diferenças significativas quanto à natureza do pensamento. Também aquele que constrói diagramas, os observa e neles experimenta o que decorrerá dessa observação, estará experimentando diretamente sobre o objeto que deseja conhecer. A questão é reconhecer qual a natureza do objeto investigado:

De acordo com isso, ele, [o químico], efetivamente experimenta sobre o próprio Objeto que está sendo investigado. Mas se você parar por um certo momento para considerar isso, reconhecerá, eu penso, ter se confundido ao julgar ser de outra natureza os experimentos feitos sobre diagramas. Pois qual é aí o Objeto de Investigação? Ele é a **forma de uma relação**. Essa Forma de Relação é a da relação entre as duas partes correspondentes do diagrama. [...]. (CP 4.530)

A experiência intelectual tem lugar no domínio das idéias, pois essas são reais e, apesar de interiores ao universo do pensamento, não se oferecem imediatamente a ele, mas exigem que se construam formas nas quais em representações concretas, embora estritamente mentais, se estabelecerão semelhantes àquelas que se pretende conhecer.

Segue-se no texto, a exposição dos resultados de tal experimentação e um esboço de prova do valor representativo do procedimento diagramático para o conhecimento de seu Objeto.

Quanto ao resultado de uma tal experimentação, diz o texto:

Não somente é verdadeiro que por experimentação sobre um diagrama uma prova experimental pode ser obtida de cada conclusão necessária a partir de uma dada Cópula de Premissas, mas, ainda mais, nenhuma conclusão necessária é mais apodíctica do que se torna o raciocínio indutivo a partir do momento em que a experimentação pode ser multiplicada *ad libitum* a um custo não maior do que o que exige sua presença perante a imaginação. (CP 4.531)

Diante de uma construção mental, de natureza estritamente eidética, a exigência de verdade restringe-se à consistência com o que é pressuposto. Relações aceitas como verdadeiras e que, conjecturalmente, representariam adequadamente a classe de objetos que as teriam como uma qualidade em comum, interseccionam-se com a construção que está sendo feita. O que puder decorrer de tal conjugação de premissas, será igualmente válido para os objetos que compartilharem daquelas relações tomadas como aceitas inicialmente.

Mais ainda, as relações obtidas pela observação das relações tomadas como premissas, decorram elas da simples observação ou resultem de experimentações ativas sobre o diagrama, pelas quais são nele introduzidas novas relações consistentes com aquelas já estabelecidas, o que na linguagem de Peirce vem a consistir, respectivamente, nas inferências meramente *corolarias* ou nas inferências de natureza *teorematíca* (Cf. CP 2.268; 4.233; 7.204), não só compartilharão da verdade que a consistência lhes confere, mas do mesmo grau de determinação - ou de *apoditicidade* - que as deduções necessárias conferem às suas conclusões.

Poder experimentar quanto se quiser, e sempre obter-se as mesmas relações como conclusão, quando não se está partindo de conceitos gerais que se referem a classes de objetos que não dependem da razão operante, mas de conceitos construídos ao nível eidético, garante, pois, a mesma generalidade na atribuição de verdade que as genuínas deduções lógicas conferem às suas conclusões.

Para provar tais afirmações, Peirce recorrerá à natureza semiótica das construções diagramáticas. Concentrará sua atenção nas relações que o signo pode manter com seu objeto, para então considerar aquelas que caracterizam o poder representativo do Diagrama.

A partir de uma definição ampla de signo que diz ser ele '*alguma coisa que, sendo determinada por um objeto, determina uma interpretação para a determinação, através dela, pelo mesmo objeto*' [em itálico, na edição dos *Collected Papers*], Peirce passa a enumerar e a rapidamente caracterizar, num primeiro passo, as formas de determinação exercidas pelo Objeto sobre o signo:

[...] todo signo é determinado por seu objeto, seja por participar em seus caracteres do objeto, quando eu chamo o signo de **Ícone**, seja por ser realmente e em sua existência individual conectado com o objeto individual, quando eu chamo o signo de **Índice**, seja ainda por uma certeza mais ou menos aproximada que será interpretado como denotando o objeto, em consequência de um hábito (cujo termo eu uso como incluindo uma disposição natural), quando eu chamo o signo de **Símbolo**. (CP 4.531)

Em seguida, discute cada uma dessas classes de signos, apontando o que permitem conhecer do objeto, apontando também as limitações que lhe são próprias.

Inicia a discussão, considerando a classe dos Símbolos. Como suas propriedades, essa classe apresenta a capacidade de incorporar um hábito, como disposição geral da conduta diante de situações futuras, sendo indispensável para a aplicação, senão de todo hábito, ao menos de qualquer hábito intelectual, dada a natureza geral de tais disposições.

A representações gerais, somente os Símbolos poderão proceder. Formas menos generalizadas de hábitos, em que a experiência somente define algumas disposições particulares e costumeiras para atuações futuras, talvez possam ser estabelecidas por signos analógicos, baseados na semelhança entre experimentos contíguos. Mas se a habilitação for a de se proceder de modo semelhante, em situações efetivamente gerais, somente os Símbolos poderão dar conta.

Somente a classe dos Símbolos fornece, também, meios para que se pense a respeito de pensamentos de modo *sui generis*, respeitando a generalidade que lhes é própria. Só eles, por via de abstração e generalização (CP1.82-84; 2.364, 422), poder-se-ia dizer nos dias de hoje, são capazes de constituir uma genuína meta-linguagem.

Os Símbolos, contudo, apresentam sérias limitações quando se consideram as exigências de uma representação adequada da complexidade da experiência: baseiam-se exclusivamente em hábitos adquiridos, não fornecendo qualquer observação sequer deles mesmos e, sendo o conhecimento um hábito, não nos permitem a ele acrescentar sequer uma consequência necessária, salvo por meio de um hábito realizado.

Com efeito, os hábitos medeiam experiências mas não as constituem, muito menos, apresentam a ingenuidade do aparecimento de uma forma não necessitada anteriormente. A síntese da observação e a interação na concretude do objeto, são pressupostos pela generalização do hábito e não produzidos por ele. Somente o hábito realizado na ocasião do confronto com objeto para o qual preparara a conduta, ou seja, indiretamente, produzirá novos signos mesmo que necessitados pelo que já se encontra estabelecido.

Passa, agora, Peirce a considerar a classe dos Índices. Dado que seu fundamento se encontra na efetiva interação com o objeto, quando no caso dos signos gerais, sua réplica interage com um exemplar concreto de seu objeto, seu modo precípua de representar será 'fornecendo, diz o texto peirceano, segurança positiva da realidade e da proximidade de seus Objetos'. Informa sobre a existência do objeto, mas nada diz sobre a forma do mesmo, a que idéia corresponderia, ou, como diz o texto 'não fornece qualquer *insight* sobre a natureza daquele Objeto'.

Por fim, Peirce irá expor o modo pelo qual os Ícones representam seu Objeto. O Ícone expõe nele mesmo o que representará do Objeto. Jamais engana, mas ao contrário, põe a público tudo que em outras representações do Objeto possa ser fonte de dissimulações. Ao se apresentar, é a seu próprio Objeto que apresenta. A partir daí adota o texto, dramaticamente, o caminho inverso do que estava seguindo ao apresentar os Símbolos ou os Índices, pois iniciará a exposição insistindo nas limitações inerentes à capacidade representativa dos Ícones. Tudo, então, se encaminhará para revelar que a propriedade essencial dos Ícones será também aquela dos diagramas.

Os Ícones não substituem os Índices ou os Símbolos. Não substituem no plano semiótico o objeto em sua existência, como fariam os Índices. Não dizem, nem permitem inferir se o objeto constitui-se numa

classe geral de fenômenos, em seres existentes ou em meras possibilidades. Muito menos ainda, representam seu Objeto como uma classe geral de fenômenos correspondente a um hábito intelectual, igualmente geral. Jamais, portanto, substituiriam um Símbolo em sua função representativa. Nessa altura, expõe o texto sua conclusão, com tal ênfase, que nada melhor do que reproduzi-lo em uma citação direta:

Mas há uma garantia que o Ícone fornece no mais alto grau. A saber, aquilo que é apresentado diante do olhar da mente — a Forma do Ícone, que é também seu Objeto — deve ser *logicamente possível*. (CP 4. 531)

O Ícone é uma forma que é signo e seu Objeto é tudo aquilo que geral, existente ou meramente possível, tiver com ele em comum essa mesma forma. O Ícone não guarda estranheza alguma para com seu objeto, pois em tudo que desse último diferir não terá relevância alguma para sua função representativa. A forma pertence plenamente ao domínio da idéia e não da existência e, menos ainda, de um hábito geral, permanecendo inalterada, varie quanto variarem essas outras duas dimensões. Sequer será necessário que tal forma torne-se presente no mundo como um existente, ou assuma o contínuo de um hábito. Para Peirce, contudo, as leis lógicas são de natureza estritamente eidéticas, como são as idealidades matemáticas. Deste modo, pode concluir o texto, o que pertencer à forma icônica por a ela assemelhar-se, compartilhará de seu essencial predicado: a indiscutível possibilidade de ser!

Concluindo a prova que esboçou, Peirce irá, então, refletir conjuntamente com seu leitor, do seguinte modo: A própria natureza do raciocínio, nada mais é do que manifestar através de sua construção a conclusão que supõe ter demonstrado ser necessária ou provavelmente verdadeira. Não havendo lugar para a imediata apreensão do real, por à luz determinadas relações deve, diz Peirce, 'sobretudo dizer respeito a formas, que são os principais objetos do *insight* racional", como exposição do meramente possível para a consideração de uma mente interpretante. Como diagrama, o raciocínio será, pois, eminentemente um Ícone, como forma de relações inteligíveis. Não faltará lugar para o Símbolo e o Índice na construção diagramática. Por sua observação, antes já foi dito, o diagrama dá lugar a um hábito geral e, conseqüentemente, assume uma função simbólica. Referindo-se à experiência, e, por conseguinte, ao objeto dessa mesma experiência, o Diagrama só será completo se trazer índices que atribuam as relações nele observadas e construídas ao objetos designados. Mas a derradeira conclusão que se pode chegar é que sua forma icônica constitui a garantia originária do caráter apodítico de todas suas possíveis conclusões:

Uma vez, pois, que um diagrama, embora venha a ter Feições Simbolóides, assim como outras que o aproximam da natureza dos Índices, é no principal um Ícone das formas de relações na constituição de seu Objeto, vê-se facilmente sua adequação para representar a inferência necessária. (CP 4. 531)

Mais adiante, no mesmo texto, (CP. 4.544) Peirce reconhece o caráter genuinamente simbólico das palavras gerais da linguagem natural e de suas réplicas e expõe a necessidade decorrente da própria generalidade dos símbolos de que a seu lado estejam presentes Índices que designem os sujeitos aos quais possam ser atribuídas aquelas representações gerais. Contudo, as construções lingüísticas são também diagramas que só se tornam significativas pela forma por elas adquiridas. A forma constitui-se pelo arranjo permitido das palavras e se responsabiliza pela compreensão possível da sentença. Esse arranjo é da natureza do ícone, que irá mostrar, diz o texto, 'as Formas de síntese dos elementos do pensamento'.

O ícone é insuficiente na constituição lingüística pois essa constroi asserções, como juízos de existência e se compromete com a verdade de fato daquilo que assevera. Além disso, generaliza sua asserção para classes gerais de objetos. Necessita pois, não somente de Ícones como signos de possibilidade, mas também de Índices e de Símbolos.

Todavia, as ciências estritamente formais, como a Matemática em todo o seu domínio e a Lógica em todas ou quase todas as suas elaborações, constituindo-se em ciências da possibilidade, terão na eminência icônica dos diagramas, a condição absolutamente indispensável de seu estabelecimento.

Finalmente, em *A Survey of Pragmaticism*, antes de traçar as importantes considerações sobre a contribuição da consciência nos processos em que atuam os hábitos adquiridos sobre as condições do mundo exterior, as quais já foram levadas em conta quando da exposição acima feita sobre a noção de hábito no pensamento peirceano, a formação de hábitos por determinação das construções diagramáticas serão criteriosamente analisadas. A ênfase não será mais posta sobre as relações que se estabelecem entre o signo — no caso, o diagrama — e o Objeto que o determina, mas entre esse mesmo signo e o Interpretante Lógico Final por ele determinado.

Para uma melhor aproximação da proposta de Peirce, talvez convenha dividir o texto em partes para, comentando-as, mesmo que brevemente, tentar compreendê-la.

Tendo tomado como exemplo, a tentativa de se solucionar o problema do menor número necessário de cores diferentes entre si para se

pintar regiões adjacentes de um mapa qualquer, sem que duas dessas regiões recebam uma mesma cor, Peirce, sem mencioná-la explicitamente, recorrerá à construção diagramática para compreender o trabalho da mente que aí deverá ter lugar. O trabalho a ser realizado consistirá, predominantemente, em observar, ao nível da imaginação, recorrendo, ou não, a gráficos observáveis ao nível percepção sensível, relações possíveis entre diversas cores em diversas regiões adjacentes e sobre elas fazer um série de experimentações com o provável recurso às relações matemáticas que se espera poderem colaborar nas construções que estão sendo feitas.

Essas observações e experimentações, abstraindo-as do contexto particular em que estão sendo realizadas e generalizando-as para todas as situações em que puderem se aplicar, tornar-se-ão, acentua o texto, um hábito geral de conduta racional, sua formulação verbal nada mais sendo do que a expressão dessa consolidação da conduta.

Assim dirá o texto:

[...] depois de alguns preliminares, a atividade toma a forma de uma experimentação no mundo interior; e a conclusão (se chegar a ter uma conclusão definida), é que em dadas condições, o intérprete terá formado o hábito de agir de um certo modo quando desejar uma dada espécie de resultado. A conclusão lógica real e viva é aquele hábito; a formulação verbal somente o expressa.

A meta a ser alcançada, portanto, não pode reduzir-se à produção indefinida de signos interpretantes, cada um determinado pelos que o precedem, embora sem a mediação sgnica, nenhuma conduta se determinasse. Signos de necessidade, como os conceitos - ou remas - , as proposições e os argumentos, exercem funções de interpretante lógico, e dado o caráter necessitante da interpretação por eles exercida, conferem genuína generalidade às representações. Mas a série interpretativa permaneceria indefinida e o sentido último do signo que é o efetivo alcance do objeto pela conduta determinada pelo signo, não poderia ter lugar. Somente um interpretante de natureza igualmente geral mas que decorresse pura e simplesmente da série que está sendo constituída naquela semiose, poderia finalizar aquela série sem, contudo, degenerá-la sob uma forma, mínima que fosse, de particularidade. Seria ele, então, considerado interpretante último (*ultimate interpretant*) do signo (CP 5.473; 8.184, 314). Só o hábito geral de conduta que, por outros textos, sabe-se ser a lei intrínseca do Universo, poderá exercer essa função:

Não nego que um conceito, proposição ou argumento possam ser um interpretante lógico. Somente insisto que não possam ser o interpretante lógico final, pois ele mesmo é um signo daquela mesma espécie que o faz ter um interpretante lógico. Somente o hábito,

que embora possa ser um signo por alguma outra via, não é um signo por aquela que aquele signo do qual ele é o interpretante lógico é o signo.

O modo, todavia, como o hábito realizará essa função e com quais credenciais irá, assim, se apresentar necessitarão ser melhor explicitados. O hábito circunstanciado, pelas condições particulares de sua relação com o objeto da experiência, deixa-se interpretar quando uma ação tem lugar fazendo intervir no embate com o objeto. A capacidade do pianista é *de fato* manifesta e posta a prova na efetiva execução de uma obra. Aquela ação, contudo, se é decisiva como um ato concreto, não perderá seu caráter particular, mesmo que venha a se repetir indefinidamente.

O conceito é uma representação geral marcada pela potencialidade, não se colocando em condições de ver testada no embate como o objeto, sua verdadeira e efetiva capacidade de representá-lo. Constitui-se em um signo de essência, muito próximo, diz o texto, de uma definição verbal. Restringir-se-á a determinar uma conduta racional possível.

O hábito conjugado com o motivo e as condições tem a ação como seu interpretante energético; mas a ação não pode ser um interpretante lógico, porque lhe falta generalidade. O conceito que é um interpretante lógico, só o é imperfeitamente. De alguma maneira ele participa da natureza de uma definição verbal, e é tão inferior ao hábito, e do mesmo modo, quanto uma definição verbal é inferior à definição real.

A mudança efetiva da conduta, pelo aprendizado adquirido através da observação e da experimentação sobre seus próprios constructos eidéticos é o mais grau de significação dos conceitos por via dos diagramas. Pensa-se para crescer e se abrir ao cosmos a que se pertence, e fazê-lo a ele mesmo crescer com esse pensamento. Esse hábito efetiva-se a cada passo por realizações concretas, quando se vê acompanhado das condições e motivos adequados. Sempre que isso se der, estará se instaurando um genuíno interpretante lógico final. Dotado de um caráter atuante e simultaneamente auto reflexivo, o hábito geral de conduta define, na perspectiva peirceana, a plena realização da racionalidade. Os conceitos, em sua forma diagramática, progressivamente irão representando esse hábito e permitindo que, de sua análise, ele mesmo se amplie e se fortifique.

Pode-se, com a citação que se segue, concluir um texto que procurou, dentro de seus limites inteligir um pouco mais o papel do Espírito no cosmos e no homem, ambos vivenciados em constante novidade e evolução:

O hábito auto-analítico, deliberadamente formado — auto-analítico, porque formado pela ajuda da análise dos exercícios que o alimen-

tam — é uma definição viva, o interpretante lógico verdadeiro e final. Consequentemente, a mais perfeita conta de um conceito que as palavras podem veicular consistirá em uma descrição do hábito que, calcula-se, aquele conceito produzirá. Mas como, de outro modo, pode um hábito ser descrito senão por uma descrição daquela espécie de ação à qual ele dá lugar, com a especificação das condições e do motivo? (CP 5.491)

Referências

PEIRCE, C. S. *Collected papers of Charles S. Peirce*. Edited by Charles Hartshorne and Paul Weiss (v. 1-6) e Arthur Burks (v. 7-8). Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University. 1934-1974. v. 1-8. [As referências feitas aos *Collected Papers* seguem a seguinte convenção (CP vol. xx, parágrafo xxx)].

_____. *Writings of Charles S. Peirce: a chronological edition*. Edited by Max Fisch. Bloomington: Indiana University Press. 1982. v.2.

SILVEIRA, L. F. B. Espírito, mente e corpo na trama dos sentimentos. In: SILVA, I. A. (Org.). *Corpo e sentido*. São Paulo. Edunesp. 1996. p. 67-78.

_____. Em busca dos fundamentos da universalidade e da necessidade da semiótica e do pragmatismo de Charles S. Peirce. *Cognitio-Revista de Filosofia*, São Paulo, n. 1, p. 117-127, 2000.

INFORMAÇÃO, LINGUAGEM
E MEMÓRIA

INFORMAÇÃO E NATURALISMO ESCLARECIDO: O “REALISMO INFORMACIONAL”

Renato SCHAEFFER¹

Não há jamais uma descoberta feita na teoria da aerodinâmica, nós já encontramos tudo adotado pela Natureza, e exemplificado na construção da asa. (THOMPSON, 1992, p. 964)

Aceitemos, pois, sem pretensas objeções, este fato, que o embrião sabe embriologia melhor e mais diretamente que o embriologista, que o fígado conhece melhor seu papel e que ele é mais competente em hepatologia que Claude Bernard ou Cannon, que o coração de Harvey sabia assegurar a circulação do sangue antes que o cérebro de Harvey se advertisse de que o sangue circulava. Aceitemos do mesmo modo o fato de que um átomo sabe melhor física atômica que Bohr ou de Broglie. (RUYER, 1958, p. 219)

O projeto do biólogo Tom Stonier, em seu recente *Informação e significado: uma perspectiva evolucionária* (1997), é lançar as bases gerais de uma teoria da informação – isto é: de uma teoria *realista* da informação, filosoficamente falando. Considero a tese realista de Stonier acerca da natureza da informação uma contribuição notável para a filosofia da natureza e da mente, e de um alcance conceitual que é difícil exagerar. Sua argumentação geral a favor de seu “realismo informacional”^{2,3} me parece logicamente convincente. Um tal projeto obviamente suscita questões filosóficas fundamentais. O presente artigo é uma breve exploração, na perspectiva do que denomino “naturalismo esclarecido”⁴, em torno da própria noção de informação, tomando como ponto de partida e inspiração o realismo de Stonier acerca da natureza da informação.

Em poucas palavras: Stonier argumenta em favor da tese de que informação é um genuíno elemento ontológico, ao lado de matéria e energia – a informação seria sem dúvida “uma propriedade fundamental do universo” (1997, p. 17). Já na primeira página do livro ele contrasta paradigmaticamente as posições de Aristóteles, que “considerava a ordem

¹ Departamento de Filosofia - Universidade Federal de Juiz de Fora - MG. E-mail: rschaeff@ichl.ufjf.br

² Esta expressão é minha, não de Stonier.

³ Resumida no capítulo 2 – A natureza da informação.

⁴ Ver Schaeffer (1998a; 1998b).

como sendo parte da realidade” e Kant, para quem “a ordem é produto da mente humana” (p. 1); para afirmar, em seguida, que “a presença de ordem é a manifestação de uma propriedade mais básica do universo” – a informação. Ao se alinhar filosoficamente com Aristóteles e não com Kant, Stonier está definitivamente contribuindo para fazer ressuscitar uma filosofia (científica) da natureza,⁵ libertando-a do exagerado “epistemologismo crítico”, legado pela filosofia moderna, que acabou transformando-a na disciplina conhecida hoje por “filosofia da ciência”.

E se a informação é um elemento ontológico, então daí deriva, afirma Stonier, a necessidade de “uma reavaliação das leis da física, incluindo suas equações fundamentais (todas as quais contêm, intrinsecamente, afirmações informacionais)”⁶ (1997, p. 12). O autor deve estar falando aqui, antes de mais nada, com Aristóteles e contra Kant, de uma reavaliação geral, conceitual e epistemológica, das próprias entidades teóricas da física. Pelo que entendo, a realidade ontológica da informação implicaria, num primeiro momento, considerar com realismo radical as constantes que aparecem nas equações da física. A seguinte passagem, contudo, parece indicar que uma tal reavaliação teórica vai ainda mais longe que isso:

Cada vez que ergo um lápis do chão e o coloco na mesa, eu dispendo energia para alterar a organização do universo. Ao colocá-lo na mesa, me engajei em trabalho; eu também criei uma situação termodinamicamente menos provável – logo, aumentei o conteúdo informacional do universo. Tradicionalmente, sempre viu-se um mistério no que houve com a energia dispendida quando erguemos o lápis. Para explicá-lo, os físicos foram forçados a inventar um dispositivo explanatório: a energia *potencial*.

A energia potencial sempre foi uma anomalia. O lápis sobre a mesa está destituído de energia. Ele não se moverá até que eu aplique nova força. A presente teoria propõe uma explicação muito mais simples: a energia dispendida foi convertida em informação. A perda de energia iguala o aumento em informação no sistema.

[...] Dentro desta conceituação, podemos definir a *energia potencial* como: um termo que descreve um *estado* em que o *dispendio de energia* resultou num *aumento no conteúdo informacional* do sistema. (STONIER, 1997, p. 16-17)

Podemos vislumbrar, por este exemplo singelo, a excepcional significância, para a filosofia da natureza, da *reavaliação* da física à luz de tal teoria da informação.

⁵ Mas também da mente. No final do presente trabalho levanto, de passagem, a questão da relevância de uma teoria da informação para o tratamento do problema da percepção sensorial - isto é, da interação causal-informacional natureza-mente.

⁶ “*Information statements*”, no original.

Este realismo informacional é que impõe a distinção feita por Stonier entre informação, de um lado, e mensagem e significado de outro: “sem [esta] precisa diferenciação [...] não pode haver qualquer teoria da informação” (1997, p. 15). A informação, a “matéria prima” para uma eventual mensagem com um eventual significado para um receptor, é onipresente, independentemente de haver ou não uma mensagem; mas apenas “quando *informacionalmente processada*, pode produzir uma mensagem”, a qual, assim, adquire “significado” apenas após novo “processamento informacional pelo receptor “ (p. 14).

A informação, na visão do autor, é encontrada ao longo de todo o espectro de seres da natureza: do nível cosmogenético supostamente primitivo, o microfísico, descrito pela mecânica quântica, passando pelo nível biológico mais rudimentar, o das comunicações celulares (CECCATY 1991), até o nível planetário da autoconsciência neurocultural humana, a inteligência coletiva (LÉVY, 1999). Dentro de uma perspectiva evolucionista, seres-sistemas com crescentes conteúdos informacionais intrínsecos seriam sucessivamente gerados, numa história natural que remonta “quase até o Big Bang, quando as várias formas de energia começaram a se diferenciar” (STONIER, 1997, p. 220). No estágio atual do processo histórico-evolutivo da natureza, presenciamos a “*emergência* de uma realidade que consiste de pura informação”; isto é, uma manifestação informacional ontologicamente (mas não causal/existencialmente) independente de matéria ou energia, “que chamamos de *pensamento*” (p. 197). Ou seja: Stonier extrai uma consequência bastante forte da tese de que a informação é um ingrediente ontológico básico, irredutível a matéria ou energia⁷: a possibilidade não-problemática da ocorrência de informação “independentemente de qualquer veículo ou portador” (p. 193).

Stonier extrai ainda uma segunda consequência dessa tese não-reducionista quanto à natureza da informação – o que poderíamos denominar de “reducionismo informacional” quanto à natureza da consciência: “A consciência pode ser reduzida a princípios primordiais se a informação em suas várias manifestações for considerada um princípio primordial intuitivo” (p. 198). E ele acredita que sim, que a informação deve ser assim considerada. Isto significa que uma tal teoria realista da informação é crucial não apenas para a filosofia da natureza, mas também para a filosofia da mente; mais que isso, o realismo informacional seria uma contribuição efetiva para aproximar natureza e mente, exatamente na medida em que o

⁷ Apesar desta irredutibilidade conceitual e ontológica da informação, Stonier alega que a interconvertibilidade causal energia-informação é um fato, análogo ao fato da interconvertibilidade relativista matéria-energia (termos que também são conceitual e ontologicamente irredutíveis entre si).

espectro das modalidades de informação passa por cima da distinção “zero-ou-um” entre aquilo no mundo que possui e o que não possui consciência.

No capítulo 2 – “A natureza da informação”, a informação enquanto propriedade fundamental do universo é conceitualmente explicitada em boa parte por analogia com o conceito de energia (STONIER, 1997, p. 17-19). Eis, em linhas gerais, os pontos talvez principais dessa análise.

O ponto de partida é uma colocação bastante intuitiva: assim como a energia se manifesta em diversas modalidades – “calor, luz, som, elétrica, química, osmótica, atômica etc.” -, assim também as manifestações da informação se dão sob um espectro de modalidades: “estrutural, cinética, temporal, espacial, biológica, lingüística humana, em código de máquina etc.”

De um ponto de vista que me parece verdadeiramente definicional, lemos que, enquanto que a energia produz trabalho, “a *informação tem, como um de seus atributos fundamentais, a capacidade de organizar as coisas*”. O acréscimo de informação à energia eleva a sua qualidade (*grade*); o calor, como energia da mais baixa qualidade, não contém informação (nem, portanto, organização). E se o acréscimo de energia à matéria causa seu aquecimento, a informação, por seu lado, “faz com que a matéria se organize”. Já o acréscimo de informação à informação cria “níveis mais altos de auto-organização”.

Uma conseqüência filosoficamente notável deriva da conjunção lógica dessas duas últimas afirmações com esta terceira: a referência analógica ao fenômeno da “*transição de fases*”, resultante de um contínuo fornecimento de calor à matéria. Eis a conseqüência: “sistemas se tornam reorganizados em novas espécies de padrões”; e tais mudanças de fases informacionais (expressão minha) se manifestam na “criação de hierarquias de informação”, que abrangem “um espectro que vai dos fenômenos subatômicos às sociedades humanas e suas criações abstratas”.

A seguinte afirmação de Stonier, que aponta para a essência de tal fenômeno da transição de fase informacional, toca num dos problemas centrais de qualquer candidato a uma teoria da informação: “*A informação contida num sistema é uma função das ligações que compõem as unidades mais complexas a partir das mais simples*” (p. 19). Este ponto é obviamente crucial para a compreensão do princípio funcional básico dos sistemas naturais, biológicos ou não (como uma “simples” molécula de água ou mesmo um átomo de hidrogênio), o princípio segundo o qual o funcionamento de um todo organizado é irreduzível à simples soma dos funcionamentos

das partes (quando fora dessa organização)⁸. Já que, como vimos, Stonier associa essencialmente a organização de um sistema à informação nele contida.

A equação acima, se a interpreto corretamente, ataca de frente o que pode ser chamado de “paradoxo da organização”: a saber, o conflito conceitual *bottom-up* x *top-down* na explicação da relação entre a informação contida no sistema organizado e a informação intrínseca às partes que o compõem. Quando dizemos que o todo organizado é que impõe sua “forma” às partes, e não o contrário, estamos dizendo que, de certo modo, a informação do sistema “vai além” da informação contida nas partes (consideradas fora do sistema) – mesmo que, em outro sentido, a informação responsável pela organização do todo de fato não pode deixar de ser devida à informação inerente às partes. Assim, ao definir a informação do todo como “função [*top-down* ou “descendente”] das *ligações* que compõem as unidades mais complexas a partir das mais simples”, e não como função [*bottom-up* ou “ascendente”] da informação intrínseca às unidades mais simples, Stonier está assumindo uma postura declaradamente não-reducionista. Pois tais ligações são determinadas pela “forma” organizada do sistema, e não pelos próprios elementos ligados (organizados através dessas ligações).

Este é um ponto fundamental para uma teoria verdadeiramente realista da informação, na medida em que se quer defender a realidade não apenas das manifestações mais elementares de informação, mas também a realidade das modalidades emergentes de informação. Ou seja, o realismo informacional deve considerar como ontogênese real a geração de informação mais complexa via organização de informação mais elementar.

Uma questão que eu gostaria de propor é: não poderíamos entender que matéria, energia e informação são propriamente abstrações teóricas - mais ou menos como o são matéria e forma, para Aristóteles -, aspectos ou princípios metafísicos inteiramente gerais das interações - físico-químicas, biológicas, psicológicas - da natureza, aspectos por assim dizer funcionais do todo indivisível que é a “passagem da natureza” (Whitehead)? Nesse caso, entenderíamos matéria *pura*, energia *pura* e informação *pura* como meras abstrações ou idealizações, num sentido que guarda alguma “semelhança de família” (Wittgenstein) com casos como, por exemplo, o do clássico plano inclinado de atrito zero da física de Galileu? Isto é: a “passagem da natureza” envolveria sempre, de fato, um todo inextricável de matéria-energia-informação. Pois se for possível defender o realismo informacional sem contudo *ipso facto* destacar e hipostasiar a in-

⁸ Ver o clássico artigo de Weiss (1970), *O sistema vivo: determinismo estratificado*.

formação, então o realismo informacional não precisaria ser confundido com um “platonismo informacional” (ou: “pitagorismo informacional”).⁹

Esse ponto parece estar ligado a este outro. O termo “informação” goza de ambigüidade do tipo processo-produto:¹⁰ tanto se refere a estágios ou fases informacionais já consolidados da “passagem da natureza” “formas” ou “estruturas” estáticas -, quanto aos processos informacionais que justamente levam a tais configurações estáveis finais. Entendo que a mera forma já consolidada de um processo informacional deve ser vista como uma abstração, ou idealização, que privilegia conceitualmente o aspecto informação do complexo irredutivelmente tridimensional matéria-energia-informação.

A questão que estou levantando pode ser colocada, por exemplo, a propósito dos princípios gerais propostos por Whyte (1955) para uma futura “unificadora filosofia da forma” (p. 101), que será, prevê ele, “um exame geral deste universo e da existência humana em termos da idéia de forma” (p. 47). Whyte emprega aí a noção de “estrutura”, assim definida: “Qualquer forma [*produto*], ou *processo* formativo, considerada com pleno detalhamento.” (p. 101, *itálicos meus*) Eis como ele enuncia tais princípios:

Estruturas estáveis são os estados finais de processos e servem como registros destes. [...] Estruturas estáveis dominam o panorama, já que as instáveis desaparecem. [...] Estruturas incompletas são de algum modo instáveis, e tendem ou a se completar ou a se desintegrar. [...] A presença de uma estrutura particular facilita a formação de estruturas similares, complementares ou idênticas, um modelo (ou dois modelos complementares) servindo para produzir uma linhagem ilimitada.

[...] Estruturas complexas se desenvolvem a partir de outras mais simples. [...] Estruturas complexas apresentam uma tendência de interagir seletivamente com estruturas fortemente similares. [...] Estruturas complexas freqüentemente dependem antes do caráter do padrão estrutural que da individualidade das unidades que compõem o padrão. (p. 101-102)

Embora haja aí uma referência explícita também ao aspecto dinâmico da forma - “processo formativo” -, os princípios gerais enunciados por Whyte acabam, ao que parece, pendendo para o aspecto “produto”, estático ou consolidado da forma ou estrutura. É difícil precisar em que medida o problema é lingüístico, se aceitarmos a tese de Bergson (1990) de

⁹ Mas tudo leva a crer, como veremos adiante, que um certo “aristotelismo informacional” é talvez teoricamente inevitável.

¹⁰ Denominação dada a partir do que ocorre semanticamente com “produção”.

que o pensamento e a linguagem não estão biologicamente programados para representar o fluxo da natureza enquanto tal, tendendo a deter-se antes na “natureza naturada” que na “natureza naturante” (Spinoza) - isto é, na “forma formada” e não na “forma formante”.

Insistir no aspecto dinâmico ou processual da informação, mas reconhecendo ao mesmo tempo a realidade das regularidades e estabilidades embutidas nas “formas” naturais - eis um desafio a ser enfrentado pelo realismo informacional, o mesmo de Heráclito ao postular a imanência do *logos* no vir-a-ser.

É nesse espírito de uma efetiva integração ontológica da informação nos processos naturais que interpreto Prodi (1988): este autor diz que 1) na natureza, “mudanças tomam a forma de correspondências” (p. 191); 2) tais “correspondências materiais da natureza” são “identificadas através de modificações no sistema, isto é, através de trocas de energia” (p. 192); e 3) “a identificação de formas é um pré-requisito para disparar as trocas” (p. 192).

Ele insiste em que “uma forma só pode ser identificada por interação com sua matéria e através das trocas de energia produzidas por esta interação” (p. 194). Assim, parece que para Prodi o amálgama matéria-energia-informação é ontologicamente indissolúvel. A passagem seguinte ilustra bem a rejeição de qualquer platonismo informacional por parte de Prodi:

Correspondência é uma configuração recíproca de objetos. Chamamos isso de uma ‘ordem’, ou uma condição ordenada, ou uma situação de estruturas ordenadas, tendo em mente, porém, que o conceito de ordem é independente do conceito de uma entidade ordenadora. Ordem, em seu estado elementar, é uma condição de reciprocidade entre duas coisas revelada por um evento material. Não há um ‘*container* da ordem’, apenas uma coisa ordenada em relação a outra [...] muitos equívocos surgem de se distinguir entre ordem e estruturas, como se uma estrutura só pudesse ser o *container* de uma entidade extrínseca, metafísica, chamada ordem. [...] Estrutura é um estado material interpretado por outro estado material. (p. 193-194)

Contudo, para que a rejeição do platonismo informacional, como defendida por Prodi, não acabe *ipso facto* se confundindo com um nominalismo informacional, é preciso desenvolver mais a hipótese da imanência (aristotélica?) da informação na natureza.

O modelo proposto por Stonier (1997), infelizmente, carece de uma análise ontológica mais profunda da noção de informação. É por isso, a meu ver, que seu empenho em espantar de seu realismo o fantasma

do platonismo informacional acaba tendo que recorrer à postulação de algo como “ínfons”, ou partículas de informação: “Assim como a energia pode existir em forma de partícula (fótons), assim também a informação pode (*ínfons*)”. (p. 19) Fótons não possuem massa; ínfons não possuiriam massa nem energia: partículas de informação pura. Seriam partículas realmente *sui generis*, partículas *abstratas*, se posso me exprimir assim – e acho que posso, pois Stonier se refere à informação como “uma quantidade abstrata”, como veremos a seguir. “As ‘lacunas’ migrantes que elétrons em migração num semicondutor deixam atrás de si, diz Stonier, exemplificariam tais partículas.” (p. 19) Apresso-me a dizer que, embora afirme que “a idéia de que a informação é uma propriedade básica do universo se torna mais real se reconhecermos a possibilidade de que a informação realmente existe na forma de partículas físicas” (p. 20), Stonier dá a esta tese um tom francamente conjectural – num sentido que se aproxima mais de uma especulação racional (filosófica) que de uma hipótese científica com relativa base empírica (ele inclusive reconhece que, se ínfons existem, sua detecção seria ainda mais difícil que a detecção de neutrinos). Contudo, a questão aqui não me parece ser de comprovação empírica; a postulação de ínfons - partículas informacionais - é conceitualmente problemática na medida em que, para escapar, de um lado, ao nominalismo informacional, e, de outro, ao platonismo informacional, Stonier representa a informação segundo um modelo que é difícil não considerar como quase-substancialista ou quase-fisicalista.

O modelo da informação como partículas parece estar ligado à idéia de Stonier de que o realismo informacional depende, de algum modo, do fato de se considerar a informação como uma “quantidade abstrata”. Ele escreve, ainda: “Sem esta precisa diferenciação entre *informação*, *mensagem* e *significado* não pode haver uma teoria da informação. Sem esta diferenciação torna-se impossível quantificar o conteúdo informacional de um sistema.” (p. 15) O mesmo pressuposto quantificacional aparece na distinção que ele estabelece entre informação e “padrão” (“*pattern*”): a mesma informação pode ser carregada por diversos padrões; é a “quantidade abstrata que representa a moeda comum” (p. 19), o mesmo que a energia é para suas diversas formas – calor, eletricidade, mecânica etc. Continuando, ele exemplifica o que está querendo dizer:

Um *padrão* de moléculas na página impressa de um livro é muito diferente de um *padrão* de moléculas de ar comprimidas carregando a voz de uma pessoa lendo em voz alta. Mas a informação transmitida por ambos pode levar o mesmo significado. Também o padrão de conexões neurais que emite um sinal de alarme para o corpo é bem diferente dos padrões de átomos na moléculas de adrenalina que ativa a resposta das várias células, tecidos e órgãos. Mas a mensagem transmitida: “Perigo – fique alerta!” é a mesma nos dois casos. (STONIER, 1997, p. 19)

Não consigo descobrir qual é a justificativa para a *identificação* (ontológica), a partir da consideração da diferença entre padrão e informação contida no padrão, entre significado da informação e quantidade abstrata.¹¹ Aliás, o que poderia significar afinal uma tal tese senão a reificação não platônica, mas fisicalista - da noção de "quantidade abstrata" que Stonier diz corresponder à informação contida neste ou naquele padrão que a transmite? Uma coisa é o problema da presença ontológica da matemática na natureza - quer se trate de informação, energia ou matéria -; outra, o da identificação de informação (ou da matéria e da energia) ao que Stonier denomina "uma quantidade abstrata". Para o realismo informacional, a informação não pode ser considerada mais abstrata que a matéria ou a energia (que somente os pitagóricos identificariam a quantidades abstratas).¹²

A questão da quantificação da informação prende-se à conhecida relação entre entropia e desorganização de sistemas físico-químicos. Mas não me parece nada óbvio que o conceito de organização enquanto contraditório do conceito de desorganização ligado ao de entropia de sistemas físico-químicos possui suficiente generalidade conceitual para ser associado a um conceito de informação com a extensão requerida por uma teoria realista da informação. Este conceito negativo de organização é definido como "a existência de um padrão não-aleatório de partículas ou campos de energia, ou, de modo mais geral, de subunidades compreendendo qualquer sistema" (p. 222). Por outro lado, Stonier afirma que "assim como massa é um reflexo de um sistema conter matéria e calor é um reflexo de um sistema conter energia, assim a organização é a expressão física de um sistema conter informação" (p. 222). Ora, uma coisa é afirmar que a informação contida num sistema é expressa por sua organização - como gestos expressam emoções -; outra bem diferente é falar de quantificação. Podemos mesmo, é certo, para manter a analogia, dizer que um gesto é *mais* expressivo que outro: mas, aqui, falamos evidentemente por metáfora - não poderíamos quantificar (e medir experimentalmente) a "carga emocional" gestualmente expressa. O próximo passo na argumentação é a quantificação propriamente dita da informação:

Existe uma relação linear direta entre o montante de massa e a quantidade de matéria; de modo similar, existe uma relação direta entre

¹¹ A exata natureza da relação entre padrão e informação é possivelmente tratada em obras anteriores do autor (STONIER, 1990; 1992), a que ainda não consegui ter acesso.

¹² Em outra parte, diz Stonier: "[...] quantificar a interação entre a informação provida por uma enzima e a informação provida por seus substratos, e, assim, sua interação 'significativa', seria muito mais simples do que estudar o que ocorre entre um grão de açúcar e o cérebro de uma formiga. E isso, sem dúvida, seria muito simples do que quantificar a interação semântica entre este parágrafo e o leitor". (p. 220)

entre o montante de calor e a quantidade de energia. Nessas bases, não é irrazoável considerar que exista uma relação linear direta entre o montante de organização e a quantidade de informação. (222)

Tal argumentação não me parece muito forte. Talvez seja mesmo circular: a quantificação informacional está sendo postulada a partir da assunção de que a organização que é produto da informação pode ser definida negativamente a partir da desorganização entrópica. Não sou capaz de ver nenhuma razão plausível para o “preconceito quantificacionista” do autor - mas pelo menos uma boa razão para *não* fazê-lo: supor que uma porção elementar de informação sensorial, como a contida num pedaço de superfície colorida, é quantificável parece envolver um apelo ao que Whitehead chamou de “bifurcação da natureza” - a presunçosa distinção entre qualidades primárias sumamente objetivas da física matemática e qualidades secundárias meramente subjetivas.¹³

Precisamos reconhecer ser um fato deste mundo como o conhecemos que os seres só interagem no *modus* informacional. E isso é algo básico, no sentido de que os participantes de qualquer ação-reação já estão desde o início de posse da informação referente ao procedimento nomológico a ser adotado. Todos os participantes individuais das transações causais que perfazem a “passagem da natureza” estão, de modo imanente, “bem informados”: toda reação, mesmo físico-química, é, assim, *resposta programada*. A informação trocada entre seres não é algo “a mais”, algo a ser acrescentado a uma eventual causação bruta pré-informacional. O encontro causal de um ser com outro envolve tanto um aspecto de “choque existencial” – ação e reação bruta - como um aspecto mais sofisticado de detecção de conteúdos informacionais - as leis da natureza. Estas duas facetas são indissociáveis, e parecem corresponder às noções clássicas de causação eficiente e final, respectivamente. Cito Peirce:

A relação da lei, enquanto causa, para a ação da força, enquanto seu efeito, é causação final, ou ideal, não causação eficiente. [...] Causação eficiente [...] é uma compulsão agindo para fazer tal situação começar a mudar de um modo perfeitamente determinado: e o que o caráter geral desse resultado possa ser de modo algum concerne à causação eficiente. [...] Causação eficiente sem causação final [...] é mero caos; e caos sem causação final é menos ainda que caos; é o nada total. [...] causação final é causação lógica. (v. 1 § 212, 220, 250; *apud* SHORT 1981)

No contexto de uma teoria realista da informação podemos muito bem chamar a causação final igualmente de causação informacional. O que se está querendo dizer é simplesmente que a informação contida

¹³ As últimas linhas do presente artigo fazem novamente breve referência a este problema.

numa lei da natureza, “se A, então B”, funciona como uma premissa maior numa situação existencial A (a premissa menor), de modo que o evento B se segue nomologicamente. Uma porção de H_2O sob aquecimento entra em ebulição (B), por causa (final) da informação nomológica imanente (se A, então B) e por causa (eficiente) da situação “temperatura ambiente igual a $100^{\circ}C$, a 1 atm” (A): a causação eficiente envolvida no rompimento da coesão eletromagnética própria ao estado líquido é o meio (causação eficiente) pelo qual a informação “se a temperatura atinge $100^{\circ}C$ (a 1 atm), então H_2O entra em ebulição” (se A, então B) causa (por causação final), na situação A, o evento B.

Caberia justamente a uma teoria realista da informação dizer alguma coisa sobre a ontologia da causação informacional que atua na natureza. Podemos ver o que parece problemático com a noção de ínfons, enquanto partícula “portadora de informação”: Stonier estaria concebendo a transação informacional segundo um modelo simplificado de causação exclusivamente eficiente. Para empregar uma analogia: seria preciso, na conjectura de Stonier, postular algo com papel intermediador equivalente ao do famoso homúnculo intracerebral com relação ao pretenso *software* quase-computacional de “representações internas” que constituiriam a intencionalidade do agente humano; isto é, um terceiro termo mediando a relação entre a informação e o ser que reage (*responde*) de acordo com a informação. Parece que Stonier emprega como modelo geral para o fenómeno da informação uma caricatura algo grosseira: a descrição corriqueira acrítica da informação por “emissão e recepção à distância”. Mas a informação em sentido teórico (científico-filosófico) deve ser conceitualmente atrelada à causação informacional; isto é, àquilo que controla nomologicamente, ou informacionalmente, a causação eficiente. A causação informacional – eis o que caberia a um modelo de realismo informacional como o de Stonier elucidar – parece equivaler à “participação” comportamental direta, imediata, atemporal (portanto, sem transmissão e recepção de ínfons) de um ser (em sentido ontológico inteiramente geral) nas leis da natureza. O comportamento natural de um ser participa da informação que concerne à sua própria natureza e à dos demais seres de seu próprio ambiente.

Na medida em que a causação informacional é, contudo, indissociável da causação eficiente, temos uma boa razão para insistir em que uma teoria realista não-platônica da informação deve considerar como mera abstração o aspecto estático da informação – as formas estáveis que se sucedem na “passagem da natureza”. É sempre informação dinâmica ou processual o que está em jogo: tanto na causação final ou informacional da plena interação factual, como também no que Cooney (1991) denomina “informação auto-instanciadora” – isto é, aquilo que permite a sistemas biológicos em geral manterem temporalmente sua identidade ontológica essencial, ou

seja, constituírem, ontologicamente, “sistemas auto-instanciadores”(p. 43). O realismo informacional (biológico) de Cooney é bem ilustrado na seguinte passagem:

Para Aristóteles, a forma substancial era um continuante [*continuant*] nas incessantes mudanças sofridas por um organismo. Para ter tal papel, ela tinha de ser realmente distinta dos componentes materiais transientes do organismo. [...] Uma distinção real similar pode ser traçada entre a informação auto-instanciadora genética e os componentes físico-químicos que a incorporam. (p. 45)

Cooney emprega a noção de informação auto-instanciadora como aquilo que assegura a identidade temporal do ser justamente como um ser de seu tipo ou espécie, isto é, com seu modo típico ou específico de seguir leis da natureza. Assim como temos instâncias de um conceito, Cooney considera que um ser está continuamente se instanciando, isto é, instanciando a cada momento sua natureza (seu modo de seguir leis da natureza), de modo que nunca deixa de ser uma instância do ser geral que ele é. Cito ainda Cooney (1991, p. 76):

Dizer que um organismo tem um aspecto interior é negar que ele seja apenas um objeto exterior, cuja atualidade está inteiramente contida num espaço tridimensional. O aspecto interior de um sistema vivo é [...] a *presença*, em qualquer ponto de sua duração, da atualidade incompleta de seu futuro no espaço tridimensional desse sistema. Noutras palavras. O aspecto interior é devido ao que Aristóteles chamava de *kinesis*: a atualidade do que é potencial, enquanto é potencial.

Do ponto de vista de uma teoria realista da informação como a de Stonier, seria preciso ir além do mero domínio da vida, estendendo o modelo de Cooney para entidades físicas no sentido mais amplo possível.¹⁴ Afinal, se é verdade que a causação informacional (via causação

¹⁴ Um tal modelo inteiramente geral é desenvolvido por Simondon (1995). Aqui não há espaço para introduzir na discussão o tratamento complexo e absolutamente original de Simondon. Mas não resisto à tentação de oferecer ao leitor uma breve citação, que trata do papel da informação no seio da “passagem da natureza”, entendida como processo ontogenético de incessante individuação “ativamente sofrido” por todos os seres (que não são, mas sempre *estão se tornando*, indivíduos ontológicos): “Entendemos por transdução uma operação, física, biológica, mental, social, pela qual uma atividade se propaga passo a passo no interior de um domínio, fundando esta propagação sobre uma estruturação do domínio operada de lugar a lugar: cada região de estrutura constituída serve à região seguinte de princípio de constituição [...] para pensar a operação transdutiva, que é o fundamento da individuação a seus diversos níveis, a noção de forma é insuficiente. A noção de forma faz parte do mesmo sistema de pensamento que o da noção de substância [...] A noção de forma deve ser substituída pela de informação, que supõe a existência de um sistema em estado de equilíbrio metaestável que pode se individuar [...] A informação aparece assim como a comunicação ativa, a ressonância interna que opera a individuação [...]” (p. 30, 33, 33n.13).

eficiente) é inteiramente geral na natureza, então todo objeto físico – e não menos que um organismo biológico – é um portador de informação potencial, possui uma interioridade informacional. Isto é: todo indivíduo ontológico (o que quer que isso signifique *exatamente*) é por assim dizer um portador temporal de uma matriz de potencialidade informacional em incessante e sempre inacabada atualização auto-instanciadora. Esta “forma” é a responsável pelo tipo específico de interação causal informacional com que cada instância existencial sua se apresenta, a cada novo momento, em seu ambiente. Como vemos na citação acima, Cooney não deixa de notar que a perpetuação interna de informação potencial possui inevitavelmente um *esse in futuro*. Isso equivale a dizer, na medida em que a identidade qualitativa de um ser é justamente dada por esta matriz de informação potencial interna, que a própria identidade do indivíduo também é dada, no fundo, com referência ontológica ao futuro – como potencialidade, em sentido realista.

Esta visão naturalista esclarecida acerca da realidade da informação potencial ou interna coloca diretamente em cheque a posição dogmática do atualismo ontológico – segundo a qual a realidade física se reduz à aparência tridimensional e à existência no presente (no “agora”). O atualismo é paradigmaticamente professado, por exemplo, por Armstrong (1991, p. 8-9):

Neste ensaio eu assumo a verdade do que pode ser chamado Atualismo. De acordo com esta visão, não deveríamos postular quaisquer particulares exceto particulares atuais, nem quaisquer propriedades e relações (universais) que não propriedades e relações atuais, ou categóricas. Eu não penso que isto deveria nos impedir de pensar que ambos, passado e futuro, existem, ou são reais. Mas nos impede de admitir em nossa ontologia o meramente possível, não apenas o meramente logicamente possível mas também o meramente fisicamente possível.

Isso nos impede de postular tais propriedades como disposições e poderes, quando estes são concebidos como propriedades acima e para além das propriedades categóricas dos objetos. (8-9)

O nominalismo atualista recusa, portanto, a realidade do *esse in futuro* informacional – que é *ipso facto* realidade transespacial (Ruyer 1972), com relação à tridimensionalidade da existência no agora (agora *local*, à la Einstein, e não universal). Tal nominalismo não deixa de ser um retrocesso epistemológico ao ponto de vista de Hume quanto à identidade individual e à necessidade causal. Pois é inconcebível que a identidade de um ser seja equivalente à seqüência temporal das instâncias atômicas extrínsecas umas às outras com que este ser se apresenta enquanto centro existencial de ações-reações em seu ambiente. A informação que regula as

instâncias futuras de um indivíduo ontológico está inscrita em um *continuum* informacional. Tais instâncias, tomadas separadamente umas das outras, em si próprias, não são senão abstrações do *continuum* auto-instanciador responsável pela identidade individual; para o realismo informacional, o núcleo desse *continuum* é informacional. Na medida em que informação integra um todo com matéria e energia, tal identidade não precisa ser concebida como essência inefável “em si”, mas como identidade dinâmica das efetivas respostas nomológicas ao ambiente contemporâneas das diferentes instâncias existenciais do ente.

Vale a pena introduzir brevemente neste ponto de nossa discussão uma passagem de Cartwright (1994, p. 7-8):

Ao contrário de Hume, eu começo assumindo o lugar comum corrente de que a ciência pressupõe alguma noção de necessidade: de que há algo em algum canto na natureza que fundamenta a distinção entre uma lei genuína e uma generalização accidental. [...] Bertrand Russell manteve que a ciência precisa apenas de leis funcionais como as equações da física e não tem lugar para a noção de causa. Eu penso que a ciência precisa não só de causas mas também de capacidades. Assim, estou mais em oposição a Russell que a Hume, ou, mais recentemente, aos teóricos das leis de cobertura [“*covering-law*”] como C. G. Hempel e Ernest Nagel, que aceitam leis mas rejeitam capacidades. [...] devemos admitir que há capacidades, e espero que com estas possamos dispensar as leis. Capacidades farão mais por nós a um preço metafísico menor.

Cartwright é portanto realista com relação a leis naturais: estas são “genuínas”, e não meramente “funcionais”, como defende o nominalismo de Russell acerca da causação. Por que, então, no final do trecho citado ela contrapõe seu realismo acerca de capacidades naturais ao realismo acerca das leis? Uma teoria realista da informação interpreta a preferência de Cartwright por capacidades *vis-à-vis* leis da natureza no sentido de não postular um abismo entre “passagem da natureza” e leis que a regem concebidas como formas platônicas. Pois se tais capacidades da natureza constituem a matriz interna de informação auto-instanciadora de uma entidade física, então são exatamente, nem mais nem menos, capacidades de seguir leis da natureza: as leis da natureza são como que o conteúdo informacional das capacidades.

É útil traçar uma analogia entre uma capacidade física, e seu conteúdo informacional, e uma intenção mental, e seu conteúdo proposicional (SEARLE, 1990). O *esse in futuro* do evento INTENÇÃO PSICOLÓGICA (*p*) parece indiscutível; e o conteúdo proposicional *p* não é uma entidade abstrata que precisaria de um homúnculo para ser incorporada à intenção como ocorrência psicológica. O conteúdo proposicional é

imane à intenção psicológica. Empregando uma notação análoga, algo como CAPACIDADE FÍSICA (*i*), podemos igualmente admitir a realidade do conteúdo informacional nomológico *i* de modo não-platônico, e sem homúnculo intermediador – como um conteúdo informacional imane às capacidades do objeto físico de seguir determinadas leis da natureza (leis justamente “inscrites” e “especificadas” em suas capacidades informacionais).

Tais capacidades da natureza entendidas de modo realista equivaleriam, em última análise - nesse modelo que eu chamaria então de modelo Cooney-Cartwright - a capacidades informacionais de auto-instanciação. Para o naturalismo esclarecido, o realismo informacional de Stonier deve ser interpretado como afirmando que os entes que povoam o mundo estão em perpétuo processo ontogenético de auto-instanciação informacional. As interações dos entes são como cruzamentos existenciais ou ambientais entre processos ontogenéticos individuais de auto-instanciação. Por isso (como vimos acima), causação eficiente - a interação enquanto tal - e causação final ou informacional - a auto-instanciação ontogenética individual - são indissociáveis.

A noção de semiose, desenvolvida por Peirce, parece equivaler ao que estou chamando de auto-instanciação informacional. Semiose é, para Peirce, uma noção ontológica fundamental: a “substância” de todos os seres do universo é um processo autogerativo contínuo, abstratamente representado pela relação triádica objeto-signo-interpretante. A fase “signo” de um ser ou evento determina uma fase potencial “interpretante”, de acordo com a determinação recebida da fase “objeto”. A própria estrutura triádica da temporalidade passado-presente-futuro reflete diretamente o processo ontogenético universal semiótico objeto signo interpretante: ontogeneticamente o estado presente de A determina seu estado futuro a partir de seu estado passado. Esta relação triádica é irreduzível a um par de relações diádicas: a determinação do conteúdo ontológico do instante futuro pelo conteúdo ontológico do instante presente não é independente da determinação do conteúdo ontológico do instante presente pelo conteúdo ontológico do instante passado. A capacidade de auto-instanciação informacional corresponderia a um “poder semiótico”: cada instância particular de um ser é um interpretante do poder informacional latente na instância temporal anterior, poder que não está “contido” em nenhuma instância particular - pois é generalidade (como a de uma lei natural) -, mas que é transmitido ao longo do tempo.¹⁵

¹⁵ Colapietro (1989, p. 123) escreve: “um signo é simplesmente qualquer coisa que tem raízes e gera frutos. [...] é bem possível que toda e qualquer coisa seja um signo neste sentido extremamente geral”. E cita Esposito (1979, p. 22): “Um girassol é um signo do sol porque ele requer luz solar para crescer e é capaz de converter parte de seu ambiente no germe de outro girassol com o mesmo tropismo.”

Um último ponto precisa ser mencionado, de passagem. Da perspectiva de nosso naturalismo esclarecido, o realismo informacional teria algo de importante a nos ensinar no campo da tradicional “teoria do conhecimento”. O que passa do mundo “sensível” para a mente, como percepto, outra coisa não pode ser que a própria informação existente nos seres. Assim, o encontro perceptual da mente com o mundo é necessariamente uma transação causal-informacional. Isso, aliás, não é novidade: é o que está por trás do *insight* de Aristóteles - abandonado com desprezo pela filosofia moderna - de que a percepção sensorial pode ser definida como a apreensão imaterial de formas¹⁶. Para o realismo informacional é crucial preservar a idéia aristotélica de que a percepção sensorial é apreensão *imaterial*, já que é apreensão informacional, e informação não é matéria (nem energia).

Stonier afirma que “[o] processo de metabolismo semântico requer que uma entrada de informação se ajuste com circuitos neurais cujas ressonâncias criam formas de onda similares”; e que “toda entrada de informação externa no cérebro deve ser imediatamente *abstraída* e transformada em oscilações neurais” (p. 204). Ele fala de uma “transdução” da informação para que o “meio interno” possa assimilar a informação sensorial. Se estamos dispostos, no espírito do realismo informacional, a não confundir informação com matéria ou energia, tais palavras de Stonier precisam ser interpretadas no espírito de Aristóteles. Assim, no caso da percepção visual, são as próprias cores que constituem a informação apreendida pela mente-cérebro, e não as vibrações mecânicas acústicas a elas ontologicamente associadas. O naturalismo esclarecido rejeita aqui uma aparente consequência do que chamei acima de “preconceito quantificacionista” do realismo informacional de Stonier; isto é, rejeita a possibilidade de transdução da informação contida em qualidades secundárias - cores, timbres, sabores, odores - em informação contida nas qualidades primárias descritas pela física. A mente-cérebro do percipiente entra em ressonância com as próprias cores - e não com a radiação eletromagnética deste ou daquele comprimento de onda específico.

E eis aí, portanto, um ponto em que uma teoria realista da informação poderia vir em socorro da filosofia, tematizando a relação entre a informação sensorial propriamente dita e seu correlato informacional neurofisiológico. Pois para além das condições neurofisiológicas decorrentes da transação causal, física, com o objeto percebido, a percepção sensorial é detecção da informação objetiva contida em qualidades secundárias.

¹⁶ Não só formas sensíveis - qualidades secundárias -, mas também formas inteligíveis, pensa Aristóteles..

O que Stonier chama de “metabolismo semântico” é como que uma reverberação no meio interno do mesmo “poder semiótico” responsável pela identidade temporal do objeto fora da mente. A identidade sensível do objeto se inclui aí. A representação dessa identidade como percepto na mente é então imaterial pela razão trivial de que é informacional. A representação mental do objeto dá continuidade, agora no meio mental interno do sujeito, ao processo de auto-instanciação informacional que constitui ontogeneticamente o objeto externo que está sendo representado. A identidade informacional do objeto externo é preservada na representação interna, que dele herda a contínua autogeratividade temporal de instâncias do mesmo tipo, prescritas na generalidade informacional latente, antes no objeto, e agora em sua representação mental.

Outro ponto a constar da agenda do realismo informacional - na perspectiva do naturalismo esclarecido - é a explicação do dito de Aristóteles, de que na percepção o sensível é *atualizado* de modo imaterial no percipiente: como é que o percipiente efetivamente atualiza em sua mente as qualidades informacionais secundárias do objeto percebido? As referidas noções de “poder semiótico” ou “capacidade de auto-instanciação informacional” parecem indicar o rumo inicial da investigação. Isto é: a mesma capacidade ou poder informacional interno do objeto que mantém sua ontogênese temporal seria responsável pela geração ontogenética das qualidades informacionais secundárias. Mas o problema tremendo que se anuncia aqui é: como podem as qualidades secundárias ser atualizadas ao mesmo tempo no próprio objeto externo e na representação interna, como propõe Aristóteles (e como a experiência revela, já que o percepto aparece fora da mente-cérebro, no próprio mundo exterior)? Não é fácil conceber o que ocorre exatamente na interface ontológica sujeito-objeto na percepção sensorial, no momento da *trans-formação* das capacidades informacionais sensíveis intrínsecas da natureza externa em informação ideativa. Eis um desafio filosófico de alto nível para o realismo informacional - enquanto naturalismo esclarecido.

Referências

- ARMSTRONG, D. M.. *What is a law of nature?* Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- BERGSON, H. *La pensée et le mouvant*. Paris: PUF, 1990.
- CARTWRIGHT, N. *Nature's capacities and their measurement*. Oxford: Oxford University Press, 1994.
- CECCATTY, M. *Comunicações celulares e comunicações humanas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.

- COLAPIETRO, V. M. *Peirce's approach to the self: a semiotic perspective on human subjectivity*. Albany: State University of New York Press. 1989.
- COONEY, B. *A hylomorphic theory of mind*. Nova Iorque: Peter Lang, 1991.
- ESPOSITO, J. On the origins and foundations of Peirce's semiotic. In: KETNER, K. L.; RANDELL, J. (Org.) *Peirce studies*, n.1, p.19-24, 1979.
- LÉVY, P. *A inteligência coletiva*. por uma antropologia do ciberespaço. São Paulo: Loyola, 1999.
- PEIRCE, C. S. *Collected papers*. HARTSHORNE C., WEISS, P.; BURKS, A. (Org.). Cambridge, MA: Harvard University Press. 1931-1935, 1958. 8 v.
- PRODI, G. Material bases of signification. *Semiotica*. v. 69, n. 3/4, p.191-241, 1988.
- RUYER, R.. *La genèse des formes vivantes*. Paris: Flammarion, 1958.
- _____. *Cibernética e a origem da informação*. São Paulo: Paz e Terra, 1972.
- SCHAEFFER, R.. Consciência do mundo, naturalismo esclarecido e ciência cognitiva. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. (Org.) *Encontro com as ciências cognitivas*. Marília: Unesp-Marília-Publicações, 1998a, v. 2, p. 131-166.
- _____. Naturalismo esclarecido contra realismo científico radical: a questão da realidade do vir-a-ser. *Ética e Filosofia Política*, Juiz de Fora, v. 3, n. 1, p.88-137, 1998b.
- SEARLE, J. R. *Intentionality: an essay in the philosophy of mind*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- SHORT, T. Peirce's conception of final causation. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, v. 17, n. 34, p. 197-223, 1981.
- SIMONDON, G. *L'individu et sa genèse physico-biologique*. Grenoble: J. Millon, 1995.
- STONIER, T.. *Information and the internal structure of the universe*. Londres: Springer, 1990.
- _____. *Beyond information: the natural history of intelligence*. Londres: Springer, 1992.
- _____. *Information and meaning: an evolutionary perspective*. Londres: Springer, 1997.
- THOMPSON, D. W.. *On growth and form*. Nova Iorque: Dover, 1992.
- WEISS, P. A.. The living system: determinism stratified. In: KOESTLER, A.; SMYTHIES, J. R. (Org.) *Beyond reductionism: new perspectives in the life sciences*. Nova Iorque: Macmillan. 1970, p. 3-55.
- WHYTE, L. L. *Accent on form: an anticipation of the science of tomorrow*. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1955.

QUADRO OU MÔNADA? O EMBATE ENTRE EPISTEMOLOGIA E HERMENÊUTICA NA INTERPRETAÇÃO DE UM JOGO DE LINGUAGEM

Paula Mousinho MARTINS¹

É bem conhecido o debate travado por Richard Rorty e Hilary Putnam, desde o fim dos anos 1970, a respeito dos rumos a serem tomados pelo neopragmatismo norte-americano: permanecer atrelado à *epistemologia* ou encampar definitivamente a *hermenêutica*? A despeito das divergências mútuas, existem, como se sabe, diversos pontos em que esses dois importantes herdeiros de James, Peirce, Dewey e do segundo Wittgenstein se mantêm de acordo. Ambos rejeitam, por exemplo, continuar tentando responder à tradicional pergunta metafísica: o real é *intrinsecamente* determinado ou sua determinação é resultado de *nossa* atividade? É que, para Putnam e Rorty, esses e outros antigos dilemas da filosofia demandam, para serem “resolvidos”, a paradoxal exigência de *escaparmos de nossa própria pele*. De onde se seguem outras tantas posições compartilhadas pelos dois autores: recusa de instituir contraste entre o *mundo* e *como* o mundo é conhecido; de estabelecer uma perspectiva sobre as coisas desde o “olhar de Deus”; de resignar-se à imagem cartesiano-kantiana de uma mente e uma linguagem como “espaço interior” que pode ser contrastado com as “coisas exteriores”; de conceber uma visão científica neutra que não reflita interesses e valores, etc., etc. Em suma, Rorty e Putnam concordam, com muita propriedade, que a *finitude*, a *contingência* e a *historicidade* condicionam a possibilidade do conhecimento do mundo e, por isso, todo projeto de representar a nós mesmos como “mapeadores” de algo *independente* de nossos jogos de linguagem está comprometido desde o início.

Há uma séria diferença, contudo, entre os modos de Rorty e Putnam compreenderem a noção mesma de *jogo de linguagem* e, portanto, nas leituras que ambos fazem do último Wittgenstein. É a partir dessa *divergência de princípio* que se estabelecem os demais fulcros da discórdia: a manutenção de uma postura realista tradicional, o representacionismo e a preservação de uma racionalidade universal transcultural de Putnam, segundo Rorty; o relativismo, a ameaça de ceticismo radical ou de solipsismo metodológico de Rorty, segundo Putnam. Com efeito, quando focalizamos

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense. E-mail: pmartins@uenf.br

qual é a concepção de *jogo lingüístico* que fundamenta cada uma das duas posições, percebemos melhor as raízes do dissenso. Na visão ainda epistemológica de Putnam, a questão de como funciona um jogo de linguagem não se desliga do problema do relacionamento entre as palavras e os estados de coisa (não-lingüísticos) que as palavras representam. Se observarmos o uso cotidiano e pré-filosófico da linguagem, escreve o autor de *Words and Life*, encontramos-lo informado por um *quadro (a picture)* (PUTNAM, 1994A, p. 276-77). Essa afirmação tem implicações profundas: o quadro é *uma característica originária da linguagem*, mediante a qual esta se configura como uma espécie de “janela” de onde se descortina a *transcendência* e a *objetividade* do real. Para o hermeneuta Rorty, que insiste em preservar linguagem e mundo enlaçados em um *plano de imanência* irreduzível, jogos de linguagem são “pequenos todos-paradigmas” (RORTY, 1979, cap. VI), ou seja, *mônadas* entre si incomensuráveis formando um horizonte genérico de *conversação possível*. Nesta perspectiva, a relação entre o jogo de linguagem e o resto do universo só pode ser uma relação *causal, não-intencional*, porquanto plenamente afastada dos modelos especulares de interpretação do discurso ou da fala.

De fato, se levarmos a sério o ponto de vista da *conversação*, como salienta Rorty, o jogo de linguagem não mais “representa” o mundo: ele *é o próprio mundo*, cada jogo constituindo um mundo irreduzível e incomensurável a outros mundos. O paradigma da conversação dispensa qualquer apelo à comensurabilidade entre discursos porque, ao contrário das visões epistemológicas ou racionalistas da linguagem, prescinde de um solo racional comum (às vezes imaginado “fora”, às vezes “dentro” de nós), a partir do qual estaria preservada a estabilidade do consenso. Como o hermeneuta não está interessado em “estabilidade” pois o que lhe importa é simplesmente manter a *conversação fluindo*, convém substituir o ideal da *traduzibilidade universal*, que os racionalistas almejam, pela mera *esperança em uma concordância* - eventualmente até por uma esperança na *discordância*, desde que esta seja *interessante e frutífera*. Nosso senso de comunidade não teria então, segundo Rorty, outra fundação senão *a possibilidade de uma esperança compartilhada*, acompanhada da *confiança* criada por um tal compartilhar (RORTY, 1979).

Ora, a concepção “internalista” de filosofia defendida por Putnam se assemelha em muitos aspectos ao pensamento hermenêutico de Rorty, a começar pelo respeito que nutre às idéias de comunidade e de consenso lingüístico. Mas Putnam não vai tão longe quanto Rorty a ponto de definir a racionalidade por critérios exclusivamente etnocêntricos (isto é, por normas culturais locais), pois isto lhe parece uma tentativa de reeditar, sob a inspiração da antropologia, o positivismo calcado nas ciências exatas.

“Só podemos esperar produzir uma concepção mais racional de racionalidade, ou uma melhor concepção de moralidade - escreve Putnam em total concordância com Rorty - se operarmos desde o interior de nossa tradição, nos engajando em um diálogo verdadeiramente humano” (PUTNAM, 1994, p. 333). Em seguida, contudo, ele pergunta: “Esse diálogo tem um término ideal?” A resposta é afirmativa, já que a possibilidade de haver apenas “diálogo” e nada mais deságua, em seu entender, no mais estéril e auto-refutável *relativismo*.

Para Rorty, o que mais perturba filósofos como Putnam não é simplesmente o relativismo da perspectiva hermenêutica e pragmatista. O que lhes é mais incômodo é a total aniquilação de dois tipos de “conforto” metafísico, aos quais a tradição ocidental já nos tinha acostumado, que a perspectiva hermenêutica implica. O primeiro deles advém da idéia apaziguadora de que possuímos certos “direitos”, de origem não-biológica, que nos conectam a uma realidade *não-humana* e nos conferem, por isso mesmo, “dignidade moral”. O segundo é o conforto que a idéia da *eternidade* nos traz, e que garante a preservação de nossas virtudes essenciais independentemente de nossa destruição física. Porém, o que mais distancia, a rigor, Putnam da hermenêutica e do pragmatismo é - continua Rorty - a mistura que ele faz de “filosofia da linguagem pura” com “considerações epistemológicas impuras” (RORTY, 1979, cap. 4). Sua busca (infrutífera) por uma “teoria da referência” confunde, na interpretação de Rorty, questões de natureza semântica com a obsessão (epistemológica) de refutar o cético e com isso assegurar, para o discurso da ciência, o *status* privilegiado da “não-ficção” (idem). Em outros termos, Putnam acaba se metendo num notável *imbroglio* ao tentar desenvolver uma teoria wittgensteiniana do *significado como uso* - com o fito de manejar problemas de filosofia da linguagem pura - ao mesmo tempo em que preserva a semântica realista inscrita na relação de “retratamento”, que o *Tractatus* mencionava, para manejar problemas epistemológicos. Tornando tais problemas coextensivos aos problemas de natureza lingüística, Putnam mostra-se infiel, na visão de Rorty, aos ensinamentos do segundo Wittgenstein e muito mais atrelado às enigmáticas teses do *Tractatus* - em especial àquelas que postulam a existência de objetos formadores de uma “substância” derradeira do mundo, daí o estabelecimento de um quadro (*picture*) para *representá-los*: “Se o mundo não tivesse substância - dizia o aforismo 2.0211 do *Tractatus* - então uma proposição só teria sentido se uma outra proposição fosse verdadeira”. O aforismo seguinte (2.0212) complementa: “Seria, pois, impossível traçar uma figura ou quadro (*Bild*) (verdadeiro ou falso) do mundo.”

Essa passagem do *Tractatus* indica que, se não houvesse tais objetos irreduzíveis e intrinsecamente simples no mundo, não haveria a necessidade de quadros, mas tampouco *compreensão* do mundo. A análise

filosófica deve endereçar-se a tais objetos e neles encontrar seu termo, ou seja, os próprios significados das palavras devem ter neles seus referentes, do contrário o sentido de uma sentença dependeria tão somente do caso de outra sentença ser verdadeira. Ora, esta última hipótese vem ferir definitivamente os princípios do realismo *tractariano*, em particular sua doutrina de que *as condições de sentido são inefáveis*.² se tais condições fossem exprimíveis, teríamos que desistir também de uma outra suposição elementar da obra primeira de Wittgenstein, a saber, a da diferença entre *mostrar* e *dizer*. A idéia implícita nesta tese é a de que sempre podemos enxergar “mais longe” do que podemos dizer; ou seja, somos capazes de ver todo o caminho até o limite mais extremo da linguagem, mas as coisas mais distantes que vemos não podem ser expressas em sentenças porque constituem, precisamente, as pré-condições para se dizer (ou formar sentenças sobre) qualquer coisa. Em outras palavras, se não houvesse os tais objetos simples e irredutíveis a que o *Tractatus* se refere – isto é, se o mundo não tivesse substância, se não houvesse uma “forma inalterável” do mundo – o sentido não seria determinado, nós não seríamos capazes de construir “quadros” sobre o mundo, e as descrições científicas seriam finalmente impossíveis.

O último Wittgenstein – o das *Investigações Filosóficas* – abandonará não só a questão desse “ver” os limites da linguagem que não se acompanha de um “dizer”; ele desistirá também da imagem da linguagem como um “todo limitado” (*a bounded whole*), cujas condições de possibilidade repousariam “do lado de fora.” Mas há ainda um outro antigo projeto renegado: o de uma “semântica transcendental” capaz de encontrar as condições não-empíricas de possibilidade de toda e qualquer descrição lingüística. As *Investigações Filosóficas* apresentam-se assim como precursoras da *concepção holística* do significado defendida mais tarde por Davidson, Rorty e outros – segundo a qual o sentido de uma sentença depende estritamente do caso de uma outra sentença ser verdadeira. Daí nasce uma teoria do significado dedicada apenas a compreender *relações inferenciais* entre sentenças, e que não dispensa qualquer atenção a *relações de referência*. Ao afirmar agora que a filosofia, tal como a linguagem, é apenas uma série de práticas sociais indefinidamente expandíveis – e não um todo fechado cuja periferia pode apenas mostrar-se – Wittgenstein está abandonando a necessidade metafísica (e solipsista) do *inefável* e anunciando a prioridade da *comunicação intersubjetiva*. Abole-se com isso a idéia da filosofia como uma investigação acerca da *possibilidade do significado*, passando-se a tratá-la como uma simples *terapia*, isto é, um *exercício de não-filosofia*. Nasce aí

² A importância da inefabilidade está bem indicada no último e conciso aforismo do *Tractatus* (n.7), 1968: “Diante do que não se pode falar, deve-se calar”.

uma posição pragmatista de notável radicalidade, conclui Rorty, capaz de dissolver as mais fracas “pretensões transcendentais” ou mesmo o menos filosófico dos pensamentos (RORTY, 1997, 1995, p. 78).

Bem, o que nos surpreende no pensamento “representacionista” de Hilary Putnam é que, ao contrário do que pensa Rorty, ele adequa-se perfeitamente aos argumentos do segundo Wittgenstein! Sobretudo porque estes, ao contrário do que acabamos de ouvir de Rorty, ainda defendem a inexorabilidade do “quadro” no modo de ser (pré-filosófico) da linguagem. De fato, não faz parte da intenção de Putnam preterir o Wittgenstein maduro: tal como o autor das *Investigações Filosóficas*, ele deseja ir ao reencontro do ordinário e do familiar para restabelecer a confiança em sua *limpidez e autenticidade*. Mas, para reencontrar esse nível *dóxico* de experiência, é preciso praticar, digamos nós à revelia do autor, uma espécie de *Epoché* - ou seja, “pôr em suspenso” qualquer postura teórica ou convicção filosófica a fim de poder acionar o que Putnam chama de *ingenuidade deliberada*. Só assim será possível reconquistar a paz que existe à margem das “inquietações profundas”, vale dizer, livrar-se da violência artificialmente imposta pelas “disputas metafísicas”. (cf. PUTNAM, 1992, p. 176-179)

Ora, Putnam percebe que antes do estado de “perplexidade filosófica” simplesmente *não há razão de se colocar em dúvida* a indefectível clareza de sentido das seguintes afirmações: 1) nossos pensamentos referem-se ao mundo; 2) nossas crenças podem ser justificadas a partir do modo pelo qual as coisas são no mundo. Pois mesmo o colapso da chamada Metafísica da Presença não conseguiu pôr fim à idéia de que *representamos coisas que não trouxemos à existência* (PUTNAM, 1994, cap. 12-13). Em outros termos: não podemos abdicar da existência de uma *realidade que não construímos* mesmo depois da desapareção do mito de uma realidade-em-si (transcendente em sentido teológico-metafísico). Se, com efeito, é impossível termos acesso a uma “realidade não interpretada”, isto *não* significa, para Putnam, que a linguagem e o pensamento *não descrevam* algo exterior a eles. O mundo é como é independentemente dos interesses de quem o descreve... O fato de termos abolido todo tipo de “ontologia transcendente de estados de coisa” não impede que duas sentenças incompatíveis entre si possam ser usadas para descrever *o mesmo estado de coisa*, ainda que tais sentenças não tenham *o mesmo significado*, isto é, ainda que respeitemos a noção ordinária de *significado* - não a forçando a operar de um modo para o qual ela, originariamente, não foi concebida. (PUTNAM, 1992, p. 98).

O intuito de Putnam é, portanto, tentar convencer-nos de que a idéia de representação sobrevive ao chamado “fim da metafísica”. O que findou junto com a metafísica foi, na verdade, apenas um certo “quadro”

(*picture*) lingüístico e, naturalmente, as concepções de representação e de verdade que historicamente acompanharam esse quadro. Mas a validade em geral da *questão da representação* - e de um mundo de coisas a serem representadas - deve ser preservada; do contrário, insiste Putnam, a requerida jornada “do familiar ao familiar”, iniciada heroicamente por Wittgenstein, jamais será completada (PUTNAM, 1994, cap.12-13).

Bem, a representação sobreviveu ao fim da metafísica justamente devido à presença fundamental do *quadro* na raiz do modo humano ordinário de pensar - como muitas vezes assinalou o próprio Wittgenstein. Putnam vai mais longe: esse quadro, além do mais, é um *quadro realista*. “Trata-se de um fato inegável de nossas vidas que nossa prática lingüística ordinária seja informada por um *quadro realista*, ou seja, pela imagem de que nossas vidas e nossas palavras são constrangidas por uma realidade que não é invenção nossa” (PUTNAM, 1994, p. 283). Mas atenção: não há “tese filosófica” alguma aí, nenhum enredamento em “estórias metafísicas”. Ao inverso: o *quadro* é um *existencial originário*, não uma proposição ou filosofema lançados em uma arena de competição com outras proposições e filosofemas. “Apenas sob o peso do ‘escrutínio filosófico’ é que começamos a tentar ‘defender’ o *realismo implícito* em nossa prática lingüística cotidiana, lançando mão para tanto dos serviços do Realismo Metafísico. Este vem justamente obscurecer nossa visão do que efetivamente pensamos e fazemos” (idem, p. 284).

Como dizia Wittgenstein, se as palavras *linguagem*, *experiência* e *mundo* têm de fato alguma utilidade, esta deve ser tão modesta, ordinária e corriqueira quanto é corriqueiro, ordinário e modesto o nosso uso das palavras *mesa*, *lâmpada* ou *porta*. O problema é que a Metafísica seqüestrou palavras como *linguagem*, *pensamento* e *mundo*, privando-nos da visão clara e não-problemática com a qual as utilizamos em nosso dia-a-dia. Quando empregadas pela filosofia, tais palavras abandonam sua morada familiar e mais próxima, se exilam por assim dizer de sua “pátria natal” (seu *Heimat* na expressão de Wittgenstein). Em filosofia, as palavras costumam estar ociosas e por isso se extraviam: “Um problema filosófico tem a forma: ‘não consigo achar o meu caminho’ ” (*Investigações Filosóficas*, § 123).³

Putnam enxerga no relativismo de Rorty exatamente a incapacidade de recuperar o sentido metafisicamente ingênuo de nossos usos lingüísticos. Eis por que Rorty se recusa a admitir que nossos pensamentos possam *versar sobre o mundo*, que a *linguagem possa representar as coisas*, que *nossas crenças possam ser justificadas segundo o modo pelo qual as coisas estão no mundo*. Desprezando tais platitudes, o

³ P.I 123 : “A philosophical problem has the form: ‘I don’t know my way about’”

pensamento de Rorty continua contudo controlado pelo mesmo referencial teórico que rejeita: ao pressentir que não há “garantia filosófica” para o fato de que nossas palavras “representem” coisas exteriores - que essa garantia é finalmente impossível - Rorty é forçado a concluir que “nossas palavras não representam nada”, que, enfim, a representação como um todo deve ser rechaçada. Putnam escreve:

Rorty pensa que devemos abandonar a idéia ingênua de que nossas crenças podem ser justificadas com base no modo pelo qual as coisas estão dispostas no mundo, pois isto supõe espelhamento, confrontação, representação, etc., a saber, *relações metafisicamente suspeitas entre linguagem e mundo*. Por isso a única relação entre o mundo e as sentenças que Rorty admite é a causal. Mas este é precisamente o ponto em que podemos detectar em Rorty um impulso metafísico realista. A metafísica aparece freqüentemente disfarçada de rejeição da metafísica. (PUTNAM, 1994, p. 286).

O realismo metafísico tradicional, o positivismo e o relativismo - no qual a visão de Rorty desemboca -, na medida em que negam a primazia da realidade (vale dizer, a primazia da realidade do mundo ordinário da vida) constituem todos versões alternativas de um mesmo pressuposto: o *ceticismo*. Este não se confunde porém com um “ceticismo epistemológico”; seu talhe é bem mais *existencial*: tais atitudes são céticas porque reproduzem a mesma *insatisfação* recorrente diante *da realidade da condição humana*. Ora, faz parte dessa condição nos manter cativos de um *quadro* e obrigarmos *a aquiescer diante de seus limites*. Em que consiste precisamente então o ceticismo de Rorty e tantos outros? Putnam recorre à formulação de Stanley Cavell para esclarecer sua peculiaridade: trata-se do ceticismo como “aspiração por escapar à própria pele” (*the aspiration to be outside our own skins*) (PUTNAM, 1994, p. xi).

Não é por acaso, aliás, que Cavell vê toda a obra de Wittgenstein preocupada com o problema do ceticismo (ceticismo em *sentido amplo*, eventualmente não coincidente com o sentido usual de ceticismo... Cf. CAVELL 1998, p. 23). Segundo o autor de *The Claim of Reason*, nessa acepção o ceticismo é apenas “sintoma” de uma moléstia mais profunda, a saber: *a inabilidade em aceitar o mundo e as outras pessoas*. Ora, essa moléstia é *crônica* e acompanha nossa condição humana. Cavell não está querendo dizer com isso que ceticismo e relativismo são problemas irrefutáveis do ponto de vista lógico; ao contrário, eles podem ser facilmente destruídos quando tratados como posições ou filosofemas. Todavia, ceticismo e relativismo *nunca morrerão* - pelo menos não enquanto sua atitude de alienação, em relação ao mundo e ao resto da comunidade humana, for mais que uma simples “tese teórica” lançada em algum jogo dialético de confrontações intelectuais... Em outros termos, querer livrar-se do ceticismo

através da filosofia equivale a querer *libertar-se da própria humanidade*, ou seja, “escapar à própria pele”; conseqüentemente, perpetuar o *próprio ceticismo*. É que a inclinação para alienar-se faz parte da condição humana e o verdadeiro problema consiste, então, em aprendermos a *conviver* com ambos - *alienação* e *conhecimento* (CAVELL, 1998, p. 67).

O uso do termo ceticismo esclarece portanto a diferença entre duas formas de conceber a *finitude* ou *limitação humana*: 1) o modo metafísico (ou o sentimento da *in-capacidade* de atingir uma realidade que transcende a condição humana, que Putnam encontra em Rorty), e 2) o modo introduzido por Wittgenstein, qual seja, o de *aquiescer, não querer lutar contra os limites*. Putnam nos convida a optar pelo segundo modo, é claro, até porque, se olharmos com atenção, os referidos limites se revelam sempre ilusórios: não podemos conhecer o mundo “tal como ele é em si mesmo” não porque o “em si” seja um limite inatingível, mas porque o “em si” *simplesmente não faz sentido*. Logo, mencionar a “impossibilidade” de se atingir a realidade em si é tão sem sentido quanto defender sua possibilidade... *Aquiescer diante dos limites*, em contraste, implica fugir à *tentação da filosofia*, resistir à “vontade metafísica de transcendência”, livrar-se do anseio (cético) de atingir uma realidade não-humana... *Não aquiescer*, por sua vez, é o que precisamente nos lança na metafísica, seja através do realismo ou do idealismo – ambos constituindo lugares onde nos sentimos “irritados em nossa própria pele” (*chafed by our own skin*), quer dizer, *revoltados* diante da incapacidade de ultrapassar nossa condição humana (PUTNAM, 1992, p. 177-178). Por isso Wittgenstein habilmente nos incitou a *não querer dizer* seja que podemos descrever a realidade em si mesma, seja que não podemos fazê-lo: sua prescrição terapêutica pretendia exatamente libertar-nos dessa “inquietação profunda”.

Tal consideração nos leva de volta à noção do jogo de linguagem como *quadro*. No parágrafo 115 das *Investigações Filosóficas*, Wittgenstein escreve: “Um quadro nos mantém cativos (*A picture held us captive*). E dele não podemos fugir pois o quadro repousa em nossa linguagem e a linguagem parece repeti-lo para nós inexoravelmente”.

Putnam observa que o costume de ver esse aforismo como uma simples crítica à imagem do quadro está totalmente equivocado (PUTNAM, 1992, p. 178) A leitura usual é a de que Wittgenstein considera quadros “coisas ruins de se ter”, e que a filosofia é condenável justo por sustentar-se sobre um deles. Contudo o segundo Wittgenstein jamais questionou a “correção” do termo quadro, sobretudo jamais desconsiderou sua validade nas situações de conversação cotidiana. E até declarou, repetidas vezes, que *quadros são modos excelentes de se explicar os significados das palavras*. É o que podemos ler em *Lectures and Conversations on Aesthetics, Psychology and Religious Beliefs*, de 1930:

Não há nada em geral que explique melhor os significados das palavras do que quadros. O peso inteiro deve estar no quadro. Mas quando eu digo que alguém está usando um quadro, estou apenas fazendo uma observação gramatical: o que digo pode ser verificado apenas pelas consequências que se tiram ou não se tiram...Se eu quisesse dizer algo mais estaria sendo filosoficamente arrogante. (1973, p. 56)

De onde se segue que o mal não está no fato de a filosofia possuir “quadros”. O equívoco é *esquecer* que eles são, simplesmente, quadros. O quadro que descrevo, diz Putnam, é apenas um quadro e nada mais! Tal descrição não se realiza à custa de “argumentos” ou “provas”, mas da maneira mais clara e vívida, “como quando eu penso em meu próprio caso e a descrição se adapta perfeitamente” (PUTNAM, 1994, p. 179). Perderemos o “peso” que o quadro tem em nossa vida se tentarmos nos desviar dessa simples tarefa de *descrição* em favor de explorar *tematicamente* alguma região interior ao quadro, ou ainda fazer do quadro ele mesmo um tema, não obstante estejamos constantemente inclinados a isto. Por isso devemos estar sempre atentos, distinguindo constantemente entre simplesmente “usar um quadro” e “estar capturado por ele” (*be in the grip of a picture*) – isto é, sermos “apanhados” pela filosofia (cf. idem).

Devemos estar atentos, assim, à infeliz coincidência de dois fatores que nos empurram para a confusão filosófica: 1) a natureza complexa e obscura da aplicação do quadro em nossa vida; 2) o risco de se cair na tentação de compreender o quadro *metafisicamente*, ou seja, como algo que possui um “dentro” e um “fora”. Isto se dá ora quando *entificamos* a “quadratura” do quadro, ora quando *hipostasiamos* alguma região “no interior do quadro”. Quadros não são maus mas podem, sob a pressão da filosofia, nos desviar! Enquanto residem em nossa linguagem são essenciais para o modo como representamos as coisas, mas podem nos levar à perplexidade quando lhes exigimos um “papel explicativo” que quadros, definitivamente, não suportam desempenhar.

Referências

CAVELL, S. *The claim of reason: Wittgenstein, skepticism, morality, and tragedy*. New York: Oxford University Press, 1979.

_____. *Essa nova América ainda inabordável*. São Paulo: Ed. 34, 1988.

PUTNAM, H. *Reason, truth, and history*. Cambridge: Harvard University Press, 1981.

_____. *Renewing philosophy*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

_____. *Words and life*. Cambridge: Harvard University Press, 1994.

RORTY, R. *Philosophy and the mirror of nature*. Princeton: Princeton University Press, 1979.

RORTY, R. Putnam and the relativist menace. *Journal of Philosophy*, v. 90, n. 9, 1993.

_____. *Philosophical papers: objectivity, relativism, and truth*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

WITTGENSTEIN, L. *Tractatus logico-philosophicus*. Tradução e apresentação de Arthur Giannotti. São Paulo: Ed. Nacional, 1968.

_____. *Philosophical investigations*. New York: Basil Blackwell & Mott, 1974.

_____. *Lectures and conversations on aesthetics, psychology, and religious beliefs*. New York: The MacMillan Co, 1974.

ATIVACÃO, INTEGRAÇÃO E CENTRALIDADE

Adriana Benevides SOARES¹

1 A aprendizagem como aquisição da nova informação

Suponhamos que tivéssemos a tarefa de criar um sistema de memória imaginária. Supondo que a aquisição deste sistema de informação novo funcione segundo os mesmos princípios de aquisição já conhecidos, qual seria o melhor modo de introduzir a informação nova neste sistema, ou ainda, qual seria o melhor modo de aquisição da informação nova necessária para passar os próximos exames?

Esta pergunta suscitou uma quantidade considerável de trabalhos que tentaram respondê-la dos quais descrevemos com mais detalhes o de Potts, St. John e Kirson (1989) e o de Soares (1995). Entretanto, embora não exista ainda uma teoria global sobre o assunto, existe um certo número de grandes princípios gerais amplamente aceitos.

Se temos alguma *coisa* nova a aprender, devemos antes de mais nada, prestar atenção, depois, o conteúdo deve ser organizado (isto inclui a necessidade de relacionar a informação nova aos conhecimentos já existentes) e enfim, deve-se consolidar esta aprendizagem. Infelizmente esta etapa final, não é, contrariamente as anteriores, controlada pelo sujeito.

A atenção e a consolidação da aprendizagem não nos interessam no momento. Vamos nos concentrar no conteúdo que é aprendido e organizado na memória. Como isto se passa?

1.1 Incorporação e compartimentação da informação

A aprendizagem é um processo ativo de codificação e de armazenamento da informação. Entretanto, uma vez a informação armazenada, sua utilização só é eficaz caso o seu acesso seja pertinente e o momento oportuno. O processo de recuperação apropriado, eficaz e flexível é tão importante quanto o processo de codificação eficiente. Evidentemente, o armazenamento e a recuperação da informação não devem ser considerados como funções totalmente separadas, estes processos caminham lado a lado. O processo de recuperação depende do modo como a informação foi armazenada na memória.

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense - Centro de Ciências do Homem - Laboratório de Ciências Cognitivas. E-mail: gildam@unisys.com.br

A nova informação codificada é armazenada, e durante o processo de recuperação é interpretada em um contexto de conhecimentos já existentes. Muitos trabalhos mostraram que as pessoas utilizam abundantemente os seus conhecimentos anteriores quando aprendem novas informações (BRANSFORD; JONHSON, 1972; BRANSFORD; BARCLAY; JONHSON, 1972) mas, como e *de que maneira* esta informação nova é incorporada aos conhecimentos já existentes? Esta é a questão principal que abordaremos neste capítulo.

Intuitivamente, uma nova informação é aprendida quando ela é integrada aos conhecimentos já existentes na memória, permitindo com que a partir de conhecimentos adjacentes ela possa ser recuperada e utilizada. Potts, St. John & Kirson (1989) caracterizaram este processo como o processo de incorporação da informação e o distinguem funcionalmente do processo de compartimentação.

Segundo estes autores, a distinção funcional entre compartimentação e incorporação da informação se deve em parte ao fato de serem diferentemente armazenadas. Vejamos com calma como isso funciona.

Quando lemos uma informação nova, esta informação é codificada e inicialmente armazenada na memória de trabalho (a curto prazo), em seguida ela é relacionada aos conhecimentos da memória a longo prazo ou isolada dos mesmos. Potts, St. John e Kirson (1989) e Soares (1995), pensam que o que determina a relação ou o isolamento desta nova informação com os conhecimentos pré-existentes é o contexto de aprendizagem.

A informação compartimentada torna difícil a recuperação e a utilização da informação em um contexto diferente daquele em que a nova informação foi aprendida enquanto que a incorporação facilita o acesso a nova informação em uma ampla variedade de situações.

Em termos práticos, o armazenamento da informação em forma de compartimentos pode limitar seriamente a utilização desta informação. Se, por exemplo, um estudante compartimenta uma informação de um curso, ele não é capaz de ver sua importância para outros cursos e é ainda mais difícil que ele veja a importância desta informação para outras situações extra-curso.

Dada esta limitação, é muito provável que, por causa de um efeito secundário, os sujeitos compartimentem a informação. A organização da informação compartimentada em uma unidade isolada pode impedir a recuperação desta informação face a novos conhecimentos, mas esta unidade isolada é muito coerente o que facilita a pesquisa e a recuperação da

informação desejada durante uma tarefa de memorização que requeira somente um acesso estrito a este corpo de informações novas.

Este efeito secundário pode explicar porque alguns estudantes compartimentam algumas informações. A compartimentação é preferível para certas situações, tais como exames, que exigem simplesmente a recuperação de informações apreendidas em aula.

Em resumo, os resultados das pesquisas de Potts, St. John e Kirson (1989) mostram que a compartimentação da nova informação impede a recuperação e a utilização da informação em contextos não relacionados com aqueles em que foram aprendidos, mas facilita a recuperação da nova informação em situações que requeiram o acesso a um corpo limitado de informações. A incorporação da nova informação aos conhecimentos já existentes facilita, por sua vez, a recuperação e a utilização em contextos não relacionados ao contexto de aprendizagem, mas impede a recuperação da informação quando existe somente um corpo limitado de informações.

1.2 Modelos de representação da informação compartimentada e incorporada

Os modelos que descrevem a compartimentação e a incorporação da informação no trabalho de Potts, St. John e Kirson (1989) geram um efeito de contexto variável, dependendo do nível de incorporação da informação. Existem duas classes de modelos que podem descrever a pesquisa e a recuperação da nova informação independentemente das informações já existentes. Estes modelos podem ser representados por diferentes estruturas mas, Potts, St. John e Kirson (1989) escolheram a representação de redes associativas propostas por Anderson (1983).

O primeiro modelo de armazenamento da informação propõe uma separação estrutural entre a nova informação e os conhecimentos já existentes. Esta separação estrutural sugere que a informação seja dividida de tal forma, que os conceitos de um texto sejam mais relacionados entre eles do que com os conceitos já existentes. A compartimentação da nova informação é realizada pelo armazenamento desta em uma rede de conhecimentos isolada da rede de conhecimentos anteriores. Este modelo propõe dois corpos diferentes e independentes de conhecimentos, e ele adota uma separação estrutural entre a nova informação e os conhecimentos pré-existentes.

A rede representa dois nós distintos representando o conceito de *pássaro*. Um destes nós representa o conceito já armazenado anteriormente (conhecimentos anteriores) o outro, o conceito aprendido

do texto. A existência de um nó artificial é necessária para isolar a representação da proposição específica por exemplo *notornis é um pássaro* dos conhecimentos gerais.

No segundo modelo, o modelo contextual, a informação é fortemente relacionada àquela já existente sugerindo a existência de um só corpo estrutural entre os dois tipos de informações. A idéia central deste modelo, representado por uma rede associativa, é que existe um nó, chamado “nó de contexto” o qual cada novo conceito se associa. O *nó de contexto* serve não somente para identificar cada fato do texto como algo aprendido, mas também serve para reunir os acontecimentos aprendidos no texto. Este modelo representa a incorporação da informação. O nível de incorporação neste caso reflete o relativo grau de ligação entre a nova informação e os conhecimentos anteriores.

A rede representa um exemplo onde a nova informação é armazenada e incorporada aos conhecimentos anteriores do sujeito: a proposição *o notornis é um pássaro* está ligada diretamente aos conhecimentos anteriores (*pássaro*) do sujeito. Esta representação não inclui nenhum efeito de contexto.

Conforme o que foi dito acima, um forte nível de incorporação reflete uma forte associação entre os conceitos novos e os já existentes. Entretanto, um fraco nível de incorporação reflete fracas associações entre o conjunto de conhecimentos e uma forte associação entre os novos conceitos. O acesso a rede de informações criado pelo texto só é independente da rede de informações já existente quando o *nó de contexto* serve de índice de recuperação da informação seja ela nova ou antiga.

Uma nova informação pode ser incorporada ao corpo de conhecimentos já existente, mas é importante frisar que cada conceito como *notornis* ou *doninha* é indexado por um nó como proveniente do texto aprendido. Se os sujeitos são capazes de organizar sua pesquisa para a recuperação da informação nova utilizando os índices de contexto, então eles são capazes de fazer uma pesquisa independente nos dois corpos de conhecimentos, mesmo se estas duas unidades estão interligadas entre elas.

Esta rede possui então um só nó de contexto ao qual cada novo fato do texto é associado. Este nó serve não somente para identificar cada fato do texto como algo aprendido mas, também para reunir todos os fatos ligados ao texto.

Segundo o modelo proposto por Anderson (1983), um nó torna-se fonte de ativação através da apreensão perceptiva e perde rapidamente esta característica quando o elemento percebido não é mais o centro principal de interesse. Também os nós que representam objetivos a serem realizados,

onde conceitos muito centrais mantêm continuamente a ativação, são considerados fontes possíveis de ativação. Potts, St. John e Kirson (1989) sugerem que, quando os sujeitos respondem a perguntas sobre um texto, eles tem “objetivos à realizar” e eles são suficientes para manter o nó de contexto como fonte contínua de ativação. Quando o nó de contexto é mantido como fonte de ativação contínua, a ativação se difunde através de todos os outros nós que representam os novos fatos facilitando a resposta a perguntas sobre estes últimos.

1.3 Os resultados de Potts et al. (1989)

Conforme já grifado anteriormente, os fatos relativos aos conceitos novos são diretamente associados aos conhecimentos anteriores do sujeito na rede associativa. Entretanto, a informação nova pode ser isolada (compartimentada) dentro desta rede em diferentes níveis, segundo a força de ativação dos nós da rede. Por exemplo, quando um nó representando o fato *o notornis é um pássaro* é diretamente ligado aos conhecimentos anteriores, em ocorrência *pássaro*, e que a ativação entre estes dois nós é fraca, o nó representando *o notornis é um pássaro* recebe pouca ativação quando os conhecimentos anteriores sobre *pássaro* são ativadas. Isto serve para isolar o novo fato *o notornis é um pássaro* dos conhecimentos anteriores do sujeito. Para uma informação que é incorporada aos conhecimentos anteriores o fato de que a ativação entre os nós *pássaro* e *o notornis é um pássaro* seja fraca não faz muita diferença quando a fonte de ativação ou o efeito de contexto diminui.

A diferença principal entre estas duas classes de modelos, a estrutural e a contextual é a utilização de nós artificiais para representar os conceitos de conhecimentos anteriores quando os fatos são introduzidos por um texto. O modelo estrutural considera que a compartimentação da nova informação é realizada quando esta informação é armazenada em uma rede separada e não ligada a outra rede que representa os conhecimentos anteriores. Este modelo tem a necessidade de estabelecer nós artificiais para representar os conceitos já existentes na memória. O modelo contextual, contrariamente ao estrutural, representa os novos conceitos interligados diretamente aos conceitos já existentes. Este segundo modelo não tem necessidade de nós artificiais para representar os conceitos já existentes na memória.

Se consideramos que o conceito de *pássaro* pode remeter ao conceito de *notornis* então duas hipóteses são possíveis: segundo o modelo estrutural o conceito de *pássaro* aprendido ativa o nó *pássaro* artificial ligado ao texto específico correspondente a este conceito. Se a ativação do

nó *pássaro* provém de um nó de contexto pertinente, ou seja o mesmo em que o conceito foi aprendido, então o conceito *notornis* é também ativado pelo conceito de *pássaro*. Se entretanto a ativação provém de um contexto diferente (contexto não aprendido anteriormente) (contexto não pertinente a história em questão) o nó *pássaro* ativado é aquele referente aos conhecimentos anteriores, e neste caso, o conceito *notornis* não é ativado. Segundo o modelo estrutural a ativação do alvo torna-se fácil somente se o conceito ativante provém de um contexto pertinente. Segundo o modelo contextual, o conceito de *pássaro* ativa, em todos os contextos, o conceito de *notornis*, neste caso, uma mesma quantidade de ativação é difundida do nó *pássaro* para o nó *notornis* e isto é válido para qualquer contexto, sendo ele pertinente ou não.

A compartimentação, segundo o modelo estrutural concerne o estabelecimento de um nó artificial representando uma categoria superordenada para termos novos (*pássaro*, *raposa*, etc.) então esta categoria superordenada deve ativar os conceitos novos correspondentes (*notornis*, *doninha*, ...) mais fortemente em um contexto pertinente do que em um contexto não pertinente. Segundo o modelo contextual, a compartimentação é realizada segundo a força das ligações dentro de uma única rede associativa, a categoria superordenada deve neste caso ativar o conceito novo do mesmo modo para qualquer tipo de contexto.

Em uma de suas experiências Potts, St. John e Kirson (1989) resolveram controlar as associações globais entre o texto e os conhecimentos anteriores. No caso dos sujeitos não estabelecerem uma relação direta entre o conceito de *notornis* e o conceito geral na memória de *pássaro*, eles deveriam pelo menos reconhecer que o texto tem o mesmo tema e que existe uma relação com *pássaros reais*. Se os sujeitos reconhecem esta relação durante a apresentação do conceito de *pássaro* em um contexto não pertinente então podia se esperar uma facilitação para todos os conceitos do texto (*notornis* inclusive). Esta facilitação global não constitui uma prova que o conceito novo *notornis* esteja associado diretamente com o conceito geral de *pássaro*.

Para testar estas associações três tipos de relações foram avaliadas; a primeira do tipo (*pássaro* - *notornis*) onde o primeiro conceito está semanticamente relacionado ao segundo, a segunda do tipo (*sapato* - *notornis*) onde o primeiro conceito não está semanticamente relacionado ao segundo e a terceira do tipo (*raposa* - *notornis*) onde o primeiro conceito pertence ao mesmo contexto mas não está semanticamente relacionado ao segundo.

Para concluir se a ativação de "*notornis*" acontecia devido a uma associação global entre os conhecimentos anteriores e o conceito do

texto era necessário observar uma facilitação para o teste do tipo (*pássaro - notornis*) e também para o tipo (*raposa - notornis*). O nível segundo o qual o novo contexto está ligado diretamente aos conhecimentos anteriores superordenados deve refletir uma diferença entre os testes semanticamente relacionados (*pássaros - notornis*) e os contextualmente relacionados (*raposa notornis*).

Os resultados desta experiência mostraram que para contextos pertinentes, a habilidade dos sujeitos de reconhecer o conceito novo do texto (*notornis*) melhorou quando o item textual que o precedia no teste era uma palavra semanticamente relacionada. Nenhum efeito foi observado para contextos não pertinentes. Estes resultados contradizem o modelo contextual e apoiam a idéia que a compartimentação concerne o estabelecimento de um nó que representa uma categoria superordenada aos termos novos de teste.

As associações contextuais globais podem ser avaliadas comparando os resultados dos testes semanticamente relacionados e dos testes contextuais. Em um contexto pertinente os resultados para estes dois tipos de testes não difere. Isto sugere que o contexto é suficientemente forte para que a utilização de um conceito ativante que pertence ao texto, que não é semanticamente relacionado, não ajude a ativar o conceito novo. No contexto não pertinente, os resultados destes dois tipos de testes é diferente. Contrariamente ao outro caso, a utilização de um conceito ativante contextual permite uma préativação do conceito novo.

Para contextos pertinentes o nível geral de ativação entre os conceitos do texto é elevado, graças à ocorrência de um grande número de itens deste texto. Para contextos não pertinentes, entretanto, existe provavelmente pouca ativação nesta parte da rede. A apresentação de um item do texto relacionado ao nó de contexto no contexto não pertinente, ativa fracamente os outros itens do texto. O fraco nível de ativação inicial desta parte da rede influencia fortemente os resultados.

Podemos admitir atualmente que os sujeitos devem utilizar seus conhecimentos anteriores para compreender as novas informações. Potts, St. John e Kirson (1989) mostram resultados relacionados a quais circunstâncias a informação nova pode ser incorporada ou compartimentada em relação aos conhecimentos existentes na memória. Segundo estes autores, um alto nível de incorporação da informação nova facilita a recuperação desta informação em contextos diferentes daqueles em que ela foi aprendida e um fraco nível de incorporação favorece uma compartimentação da informação nova, que fica separada dos conhecimentos já existentes, o que impede a recuperação desta nova informação em contextos diferentes daqueles em que foi aprendida.

Nas experiências de Potts, St. John e Kirson (1989) dois modelos são descritos segundo os quais a incorporação e a compartimentação da informação podem ser representadas. No modelo estrutural, fortes níveis de compartimentação implicam uma diferença estrutural entre os dois corpos de informação enquanto que no modelo contextual, existe uma estrutura única onde a acessibilidade da nova informação varia em função do contexto.

O modelo estrutural prediz uma forte ativação da informação nova em um contexto pertinente. O modelo contextual prediz uma ativação semelhante para todos os tipos de contexto. Os resultados de Potts, St. John e Kirson (1989) indicam que palavras tais como *pássaro* ativam os conceitos novos tais como *notornis* somente em contextos pertinentes. Isto sugere que existem poucas associações entre os novos conceitos e seus superordenados (conhecimentos anteriores) o que implica em uma separação estrutural da informação nova e da informação já existente.

1.4 Os resultados de Soares (1995)

Os trabalhos de Potts, St. John & Kirson (1989) mostraram como modelizar a representação dos conhecimentos levando em conta a informação compatimentada e a informação incorporada aos conhecimentos anteriores armazenados na memória. Estas representações variam de acordo com a força das relações que se estabelecem entre a informação nova e as informações anteriormente armazenadas, sendo este determinado pela ativação inicial da fonte nova.

Segundo estes autores, os resultados de suas pesquisas mostraram que o modelo estrutural representa da melhor maneira seus resultados experimentais, ou seja, através de duas estruturas em redes isoladas, uma da outra.

O trabalho de Soares (1995) utilizando a distinção funcional entre compartimentação e incorporação de Potts, St. John e Kirson (1989) não representa da mesma forma os seus resultados. Vejamos, neste novo trabalho, quais os resultados obtidos.

O objetivo deste trabalho (SOARES, 1995) é de, através de algumas experiências, estudar como especialistas e iniciantes podem, ou compartimentar, ou incorporar a informação na memória a longo prazo.

A hipótese de base para a série de experiências realizada é que para os especialistas a nova informação é incorporada aos conhecimentos anteriores e que para os iniciantes esta mesma informação é compartimentada. A razão é que o nível de ativação da nova informação é diferente quando

ela está inserida no mesmo contexto de aprendizagem da informação aprendida do que quando está em um contexto diferente.

O contexto participa de forma importante da integração e da compartimentação da informação. Ele permite reconhecer mais facilmente a informação apreendida anteriormente quando pertence à mesma área de conhecimentos e pode dificultar o reconhecimento da nova informação quando esta nova informação pertence a outra área de conhecimentos.

Para testar esta hipótese, a técnica de sondagem foi utilizada. Esta técnica consiste em apresentar uma frase, ou um parágrafo, que o sujeito deve ler e compreender e é seguida de uma palavra-teste ou sonda. Esta palavra pode ser uma nova ocorrência da palavra ou outra que tenha uma relação semântica com a frase-alvo. Os sujeitos devem julgar e responder se existe ou não uma relação entre a palavra teste e a frase-alvo lida anteriormente. A resposta é gravada assim como também os tempos de resposta. O sujeito deve fazer uma comparação entre a apresentação do que foi dito na frase e a representação inerente à palavra-teste.

A ativação da representação da palavra-teste, a comparação, a decisão e o toque nas teclas indicativas das respostas são consideradas constantes ao longo desta experiência. Os tempos de resposta diferentes são então interpretados como refletindo os níveis de ativação da representação da informação contida na frase, na memória.

As experiências de Soares (1995) contém principalmente duas fases: uma de estudo, outra de teste. A fase de estudo tem o objetivo de fazer com que os sujeitos aprendam determinados conceitos e a fase de teste tem como objetivo verificar o reconhecimento destes conceitos em diferentes contextos que têm forte ou fraca pertinência com o contexto de aprendizagem.

Na fase de estudo os sujeitos devem ler e aprender os nomes dos conceitos assim como suas definições correspondentes. Cada sujeito estuda as definições e os conceitos, o tempo que for necessário para sua aprendizagem.

Na fase de teste, os sujeitos lêem um parágrafo que aparece sucessivamente na tela e, imediatamente após o desaparecimento do último fragmento do parágrafo, um conceito aparece na tela e os sujeitos devem imediatamente apoiar em uma tecla indicativa de "SIM" ou "NÃO" caso estejam ou não de acordo com a concordância entre o conceito e o parágrafo.

Os parágrafos, nesta fase de teste, eram compostos, de uma parte geral e de uma parte específica. Estas duas partes podiam ser muito pertinentes ao tema, mediantemente pertinentes ou não pertinentes. Desta

forma três níveis de pertinência eram criados em relação ao contexto de aprendizagem.

Os resultados das experiências de Soares (1995) mostram que, em geral, a performance dos especialistas não é tão diferente das dos iniciantes e que uma mesma representação da estrutura de conhecimentos é significativa para os dois grupos de sujeitos, quando, durante a leitura de um texto, eles adquirem certos conhecimentos novos.

Os resultados das cinco experiências realizadas em Soares (1995) mostram que o contexto no qual a informação alvo está inserida, ao longo da fase teste, não intervém de maneira decisiva para determinar o nível de ativação do alvo para os especialistas. Este grupo de sujeitos reponde de maneira equivalente para todos os tipos de alvo, sejam eles pertencentes ao contexto fortemente pertinente, mediantemente pertinente ou não pertinente. Entretanto, para os iniciantes, o contexto desempenha um papel bem mais importante. De fato, na maioria dos casos, o reconhecimento do alvo é mais fácil quando a nova informação está inserida em um contexto fortemente pertinente do que quando está em algum dos outros dois tipos de contexto.

Para os iniciantes, esta facilitação pelo contexto indica que as informações aprendidas e testadas durante as experiências podem ser armazenadas em um tipo de compartimento, isolado dos conhecimentos já existentes na memória e que por causa deste isolamento, são mais facilmente reconhecidas e ativadas. Quando uma nova informação é testada em um contexto fortemente pertinente, a pesquisa na memória se restringe, sem dúvida, ao compartimento isolado das novas informações, o que diminui o tempo de recuperação desta informação. Em compensação, quando a mesma informação é testada em um outro contexto qualquer, é o espaço da memória inteiro que é explorado durante a procura da informação, e o tempo de recuperação é então bem mais longo.

Os resultados gerais quanto aos tempos de respostas dos especialistas e dos iniciantes sugerem que os primeiros são capazes de armazenar as novas informações mesmo quando são recentemente apreendidas em uma estrutura de memória onde estão presentes outros conhecimentos gerais, integrando a informação nova aos conhecimentos anteriores. Os iniciantes, ao contrário, armazenam a informação recentemente apreendida em um compartimento isolado da estrutura de memória dos conhecimentos gerais, separando assim a informação apreendida daquelas já presentes na memória. Entretanto, os especialistas e iniciantes têm taxas de erros maiores para contextos pertinentes. Isto indica que para os especialistas, mesmo tendo tempos de respostas equivalentes para todos os contextos, a performance é ajudada pelo contexto pertinente.

Este conjunto de resultados sugere que a representação de uma estrutura de memória não pode ser realizada imaginando-se duas redes separadas: uma para informações recentemente aprendidas e uma outra para conhecimentos anteriores conforme o que é pensado pelo modelo estrutural. O modelo contextual parece mais apto a considerar os resultados encontrados neste trabalho. Efetivamente, o modelo representa a estrutura mnemônica por uma só rede, onde um nó de contexto associa cada novo conceito. Este nó serve para identificar cada informação do texto aprendido aos conhecimentos anteriores. Os sujeitos capazes de organizar sua pesquisa na memória utilizando os indícios do contexto podem aceder independentemente as novas informações e as informações anteriores, mesmo se elas estão relacionadas umas às outras em uma única estrutura.

O trabalho de Soares (1995) sugere então que o modelo mais adequado 'a representação dos conhecimentos na memória é o modelo contextual o que contradiz os resultados de Potts, St. John e Kirson (1989).

2. A influência das estruturas da memória a longo prazo sob a representação na memória de trabalho.

Se parece evidente que a compreensão das informações lidas ou entendidas implica na utilização (ativação) do conhecimento armazenado na memória a longo prazo, mostraremos que o modo segundo o qual os conhecimentos são estruturados determina a qualidade da compreensão. A organização da estrutura mnemônica pode influenciar significativamente a forma pela qual os sujeitos compartmentam ou incorporam a informação nova, o que tentaremos mostrar no que se segue.

Dentre as diversas estruturas suscetíveis de serem ativadas, iremos nos interessar por um tipo particular de estrutura, os *scripts*. Um *script* pode ser definido como "um agrupamento ordenado na memória de informação correspondendo a uma seqüência estereotipada de ações se manifestando em uma situação bem conhecida" (LAROUSSE, *grand dictionnaire de la psychologie*).

Vários estudos mostraram que a acessibilidade das informações que fazem parte de um *script* é função de sua importância no núcleo da estrutura da memória a longo prazo.

Nos deteremos, a seguir, em descrever de forma detalhada os trabalhos realizados por Walker e Yekovich na medida em que eles permitem precisar a teoria da ativação de Anderson, aplicada à compreensão do *script* e somente após estabelecermos um paralelo entre estes trabalhos e os de Potts, St. John e Kirson (1989) e os de Soares (1995, 1997)

2. 1. O modelo de Walker & Yekovich (1984, 1986, 1987)

Essencialmente baseados na teoria ACT* de Anderson (1983), os estudos de Walker e Yekovich (1984, 1987, Yekovich e Walker, 1986) tratam das representações semânticas advindas da leitura de *scripts*. Segundo estes autores, a leitura de um texto retrazendo uma seqüência de ações habituais leva à construção de uma representação composta. Ela é constituída de informações provenientes do texto e de informações provenientes de conhecimentos anteriores, que tratam do *script* em questão no texto. Estas últimas informações têm duas componentes, uma declarativa, outra procedural. As pesquisas destes autores baseam-se na parte declarativa.

Os conhecimentos declarativos são representados na memória, sob a forma de uma rede composta de nós correspondendo aos conceitos (ou as proposições) e de arcos que os ligam. Dentro da rede, a organização destes conhecimentos é definido por conexões associativas entre os nós. Alguns conceitos têm um maior número de conexões, o que permite definir seu nível de *centralidade* ou de pertinência associativa.

O nível de centralidade é então um indicador da importância relativa de um conceito dentro do *script* o qual ele pertence. A importância é um contínuo para uma das extremidades na qual se encontram os conceitos chamados centrais, eles são conectados a muitos outros conceitos do *script* em função de sua pertinência associativa, apesar da grande quantidade de informações que ele contém. Na outra extremidade, estão os conceitos periféricos, que são os que possuem poucas conexões em função de sua participação pouco importante na atividade descrita.

Segundo a teoria da difusão da ativação, igualmente emprestada do modelo de Anderson (1983), o tratamento de um nó na memória depende de seu nível de ativação. Este nível varia continuamente e pode aumentar de duas formas:

- por ativação direta: um conceito é diretamente ativado por codificação perceptiva de uma palavra no texto, trata-se então de um “nó-fonte”;
- por ativação indireta: a ativação se difunde a partir de um nó-fonte até seus vizinhos imediatos o que aumenta seu nível de ativação.

Como o nível de ativação depende da organização da rede na qual ele se difunde, é então o nível de centralidade que determinará a quantidade de ativação indireta recebida pelos nós relacionados a um nó-fonte correspondendo a uma palavra do texto lido. Assim, o nível de centralidade influencia o nível de ativação de duas formas.

- quando um nó-fonte, ativado por uma estimulação externa, é o conceito central, ele envia ativação indireta, por difusão, a muitos outros conceitos do *script* e, por consequência, ele eleva seu nível de ativação.

- O resultado disto é que, durante a leitura de um texto conforme um *script*, os conceitos centrais terão, de maneira geral, níveis de ativação mais elevados que não terão os conceitos periféricos.

O leitor constrói uma representação composta, que inclui as informações veiculadas pelo texto e os conhecimentos anteriores tratando do *script* em questão. Segundo este modelo, muitos nós-fonte foram diretamente ativados em consequência da captação perceptiva das palavras do texto.

O nó-fonte, se é mencionado várias vezes aumenta, pelo intermédio de ativações indiretas, o nível de ativação de conceitos que, por sua vez, não foram mencionados mas estão neste *script* em relação semântica com o tema.

Entretanto, dentro da estrutura da memória, alguns nós não mencionados no texto mas ativados indiretamente podem ter mais conexões com o tema do que outros na mesma condição, o que faz com que os mais relacionados ao tema sejam mais centrais e devem de fato receber mais ativação indireta.

Como decorrência os nós não mencionados no texto mas ativados indiretamente e que tem mais conexões com o tema têm maior probabilidade de inserção na representação mnemônica em curso, advinda do texto, do que os outros também ativados indiretamente porém com menor relação temática.

Sobre estas bases, Walker e Yekovich obtiveram resultados experimentais corroborando sua teoria. Eles mostraram, de forma repetida, que existe de fato um tratamento diferente para os conceitos e que isto se dá em função do seu nível de centralidade.

2.1.1 Centralidade e geração de inferências

Walker e Yekovich (1984) propuseram uma explicação de um fenômeno evidenciado em vários estudos sobre a memorização de textos descrevendo atividades familiares: a confusão feita pelos sujeitos entre as informações apresentadas durante a leitura de um texto e aquelas que foram inferidas durante a leitura. Segundo a tarefa de evocação ou reconhecimento pedida aos sujeitos, esta confusão se traduz respectivamente por intrusões ou por falsos reconhecimentos (BOWER; BLACK; TURNER, 1979; GRAESSER; GORDON; SAWYER, 1979).

Os autores emitem a hipótese segundo a qual a probabilidade para que uma informação seja inferida durante a construção da representação

semântica e seja conservada na memória, é função de seu nível de ativação. Uma informação inferida tendo atingido um valor alto, limite de ativação, tem mais chances de ficar na memória do que uma inferência que não atingiu este patamar. Uma vez que, por definição, a informação inferida não está presente em um texto, a codificação perceptiva da palavra correspondendo a este conceito não pode ser a causa do aumento de seu nível de ativação.

Walker e Yekovich pensam também em dois fatores responsáveis pelas modificações da ativação (indireta) nesta situação o que eles vão introduzir em suas experiências.

O primeiro fator é a estrutura do *script* na memória, em particular o nível de "centralidade" de uma informação ou de um conceito nesta estrutura. Um alto nível de centralidade implicaria um nível de ativação de base elevada (o nível de base reflete a importância de um conceito nesta estrutura). Este fator permitiria explicar falsos alarmes repertoriados nos estudos do reconhecimento. Para isso, os conceitos centrais serão opostos aos conceitos periféricos.

O segundo fator é a informação indireta do texto: concretamente o número de evocações implícitas de um conceito no texto: uma ou cinco na primeira experiência, nenhuma ou três na segunda.

Walker e Yekovich (1984) apresentam aos sujeitos os textos tratando de *scripts* seguindo-os de uma palavra-teste (sonda). Os sujeitos têm que efetuar uma tarefa de reconhecimento, eles devem decidir se a palavra estava ou não mencionada no texto que eles acabam de ler. O tempo e o desempenho das respostas são registradas.

As palavras-testes que nos interessam particularmente são aquelas que, ou nunca foram mencionadas explicitamente no texto, ou estão em relação semântica com o *script*. Para estas palavras, a resposta correta esperada é em princípio negativa. Mais o modelo conduz a prever que os sujeitos suscitarão falsos reconhecimentos: os sujeitos julgaram frequentemente que as palavras-testes deste gênero apareceram no texto anteriormente lido, mesmo isto sendo falso.

A predição destes autores é que, em tal situação, o número de falsos reconhecimentos das palavras-testes será submetido a um efeito ou interação entre os dois fatores experimentais, nível de centralidade e número de evocações implícitas, pelas palavras do texto.

Podemos agora examinar as diversas classes de dados analisados pelos autores: porcentagens de erros e tempos de respostas.

Para cada uma das duas experiências temos globalmente que a porcentagem de falsos reconhecimentos dos conceitos centrais é superior a dos conceitos periféricos. Entretanto, o número de evocações implícitas não tem efeito sob os falsos reconhecimentos dos conceitos centrais, enquanto que existe efeito sob os conceitos periféricos: quanto mais frequentemente um conceito periférico é evocado de modo implícito no texto, mais ele é sujeito a falsos reconhecimentos, o que não é o caso dos conceitos centrais.

Reunindo os resultados de duas experiências (isso é, a quantidade de evocação implícita: 0, 1, 3, 5) aparece que, para os conceitos periféricos, existe um crescimento linear das taxas de erros em função do número de evocações implícitas. Todavia, quando este número atinge um certo valor (três evocações implícitas) as taxas de erro não aumentam praticamente mais: o que sugere que os conceitos em questão atingiram o máximo de sua ativação. Para os conceitos centrais, as taxas de erro já muito elevadas com zero de evocação implícita, aumenta levemente entre 1 e 3 evocações implícitas.

Os autores analisam igualmente os tempos de resposta para os dados provenientes de duas experiências opondo as condições 0 e 1 (pouco evocada) a 3 e 5 (muito evocada). Estes podem ser de dois tipos: tempos de rejeição correta e tempos de falso reconhecimento.

A análise dos tempos de rejeição correta fornece os resultados concordando com aqueles concernentes às porcentagens de falsos reconhecimento: ela mostra que é mais rápido rejeitar conceitos periféricos do que os conceitos centrais. Mas, ainda assim, podemos observar que o tempo de rejeição correto dos conceitos centrais são constantes em relação ao número de evocações, então, os tempos consumidos para rejeitar os conceitos periféricos é função do número de vezes nas quais eles foram implicitamente evocados no texto (tempo mais longo com numerosas evocações assim como com poucas ou nenhuma evocação).

Se examinamos agora os tempos de falsos reconhecimentos, vemos que eles não se submeteram a nenhum efeito principal deste tipo, mas que a interação dos dois fatores é significativa: os tempos dos falsos reconhecimentos dos conceitos centrais são independentes do número de evocações implícitas enquanto que a dos conceitos periféricos dependem: são mais curtos se existem muitas evocações implícitas (3 ou 5) do que se houve poucas (0 ou 1).

Este conjunto de resultados faz com que Walker & Yekovich elaborem o seu modelo teórico. Segundo eles, os conceitos centrais, isto é importantes, que fazem parte de uma estrutura de *script* existente na memória

a longo prazo, tem um nível de ativação de base relativamente forte, o que explica porque eles não têm necessidade de serem evocados implicitamente de forma repetida no texto para atingir um valor de ativação forte e fazer parte da representação do texto na memória; ao contrário disto, os conceitos periféricos, tendo um nível de ativação de base bastante fraco, necessitam de evocações implícitas repetidas para poder aumentar seu nível de ativação até o seu limite. Se eles são pouco evocados, eles não são inseridos na representação, se são frequentemente evocados, eles serão inseridos.

3. Ativação, integração e centralidade

Yekovich e Walker (1986) mostraram um efeito do tipo de estratégia de recuperação sob o tempo de reconhecimento dos conceitos de um *script* que reflete também a organização na memória a longo prazo.

Para isto, eles usaram a noção de “leque” definida por Anderson (1983) e Reder (1982); Reder e Ross, (1983); Anderson e Reder, (1987); Reder e Anderson, (1980). Segundo estes autores, um leque é constituído por um conjunto de fatos, empiricamente aprendido por um sujeito, que divide um conceito comum e que o tamanho do leque é igual ao número destes fatos.

Anderson e Reder mostraram que a existência e o tamanho do leque podem produzir ou uma facilitação, ou uma inibição da recuperação anterior. Segundo a estratégia de recuperação desenvolvida pelos leitores, o tipo de estratégia é induzido experimentalmente pela composição da lista de palavras-sondas que eles têm que reconhecer no final do teste.

Enquanto a lista é composta de duas categorias de palavras-sondas, aquelas que foram mencionadas nas frases aprendidas, misturadas a palavras que não foram mencionadas e que têm uma relação semântica com o tema evocado nas frases, a estratégia de pesquisa é baseada na relação ao tema: o sujeito aprecia se a palavra-sonda tem, ou não, uma relação com as frases aprendidas. Trata-se então, na terminologia dos autores de uma *estratégia de plausibilidade*.

Nesta situação, as palavras-sondas que fazem parte de um grande leque são mais rapidamente recuperadas do que as palavras-sondas que pertencem a um pequeno leque. Este efeito facilitador das palavras-sondas a um grande leque foi denominado por Anderson e Reder *efeito negativo de leque*, por oposição ao efeito geralmente inibidor do leque.

Podemos adicionar uma terceira categoria de palavras-sonda à lista de reconhecimento: ela é constituída por palavras que têm relação semântica com o tema mas que não foram mencionadas nas frases aprendidas.

Nesta situação, os sujeitos devem mudar a estratégia para poder distinguir corretamente as palavras-sondas relacionadas ao tema e mencionadas no texto daquelas que são igualmente relacionadas ao tema mas não foram mencionadas.

Neste caso, uma verdadeira estratégia de reconhecimento torna-se necessária, uma pesquisa da palavra específica utilizada na frase. A recuperação das palavras-sondas pertencendo a um grande leque deve então ser mais lenta do que aquelas das palavras-sondas de leque pequeno. Trata-se, desta vez de um efeito de leque positivo.

Esta noção e a análise correspondente podem ser adaptadas a organização de um *script* na memória. Os conceitos centrais, sendo divididos por várias ações e fatos, formando um grande leque, enquanto que os conceitos periféricos formam um pequeno.

Mantendo constante o número de ocorrências dos conceitos dos textos baseado em *scripts* (através de uma só menção), isto é fixando sua taxa de ativação direta, os níveis terminais de ativação destes conceitos deveriam tornar-se uma simples função da quantidade de ativação indireta. Nesta ótica, quanto mais um conceito tem conexões com outros conceitos na estrutura da qual ele pertence na memória a longo prazo, mais ele receberá ativação indireta.

Assim, a recuperação dos conceitos centrais de um *script* deve ter vantagens em relação aos conceitos periféricos cada vez que as condições de recuperação favorecem a utilização de uma estratégia de plausibilidade ou de relação com um *script*.

Entretanto, enquanto as condições de recuperação obrigam o sujeito a localizar um conceito específico na memória, a recuperação dos conceitos centrais deveria se encontrar em desvantagem em relação aos conceitos.

Nas primeiras três experiências deste estudo de Yekovich e Walker (1986) a leitura de cada um dos pequenos *scripts* é seguida de um teste de reconhecimento das palavras mencionadas uma única vez no texto (correspondendo aos conceitos centrais e periféricos) e as palavras não presentes no texto e sem relação com o tema desenvolvido, de modo a induzir uma estratégia de recuperação das sondas, baseado em sua compatibilidade com o tema.

Como esperado, os conceitos centrais são reconhecidos significativamente mais rápido do que os conceitos periféricos, mas com a condição de que as palavras-sondas correspondentes à cada tipo de conceitos sejam escrupulosamente controlados quanto a sua frequência de ocorrências

na língua (experiência 1 e 2). Este resultado vale tanto para as palavras frequentes como para palavras raras (experiência 3).

Na última experiência, os sujeitos são obrigados, para responder de forma correta às sondas, a praticar um julgamento de reconhecimento, pois as palavras-teste ausentes no texto lido, mas relacionadas ao tema desenvolvido, são adicionadas a outros tipos de sondas.

Os resultados corroboram as previsões dos autores. Os tempos de reconhecimento dos conceitos centrais são mais lentos que os dos conceitos periféricos.

Os tempos de rejeição correta dos distratores centrais são igualmente muito mais lentos do que os dos distratores periféricos. Esta nítida diferença traduz a dificuldade dos sujeitos a rejeitar os conceitos distratores centrais enquanto que a rejeição dos distratores periféricos não gera nenhum problema.

Enfim, os tempos de reconhecimento correto e errado das sondas correspondendo aos conceitos centrais são equivalentes. Esta equivalência de tempo indica que a ativação dos conceitos centrais é da mesma ordem de grandeza sejam eles mencionados no texto ou não.

Uma análise baseada nas taxas de reconhecimento evidencia uma discriminação (entre distratores e alvos) melhor para os conceitos periféricos que para os conceitos centrais. Ou seja, para os conceitos centrais, as proporções de reconhecimento aos alvos centrais e de falso reconhecimento dos distratores são superiores aos observados pelos conceitos periféricos.

Assim, é a ativação indireta que é responsável pelo alto nível de ativação dos conceitos centrais, e sua recuperação é vantajosa ou desvantajosa em relação a recuperação dos conceitos periféricos, segundo o tipo de estratégia induzida pela situação experimental.

Ora, a partir das evidências encontradas por Yekovick e Walker (1986) de que os conceitos centrais de um texto recebem mais ativação seja ela direta ou indireta, podemos também através destes resultados corroborar os resultados de Soares (1995).

Segundo Soares (1995) existe um núcleo contextual ativador dos elementos do texto, de forma que ele é responsável pela irradiação da ativação. Neste caso, os conceitos centrais são fortemente ativados tendo grande probabilidade de serem incorporados aos conhecimentos anteriores enquanto que os conceitos periféricos recebem pouca ativação mantendo-se compartimentados na memória.

4 Referências

- ANDERSON, J. R. A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, n. 22, p. 261-295, 1983.
- ANDERSON, J. D.; REDER, L. M. Effects of number of facts studied on recognition sensibility judgements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, v. 13, n. 3, p. 355-367, 1987.
- BADDELEY, A. *La mémoire humaine théorie et pratique*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, 1989.
- BOWER, G. H.; BLACK, J. B.; TURNER, T. J. Scripts in memory for text. *Cognitive Psychology*, v. 11, p. 177-220, 1979.
- BRANSFORD, J. D.; BARCLAY, J. R.; FRANKS, J. J. Sentence memory: a constructive versus interpretative approach. *Cognitive Psychology*, v. 3, p. 193-209, 1972a.
- _____.; JOHNSON, M. K. Contextual prerequisites for understanding: some investigations of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 11, p. 717-726, 1972b.
- FLETCHEER, C. R. Short-term memory processes in text comprehension. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 20, p. 564-574, 1981.
- GRAESSER, A. C.; GORDON, S. E.; SAWYER, J. D. Recognition memory for typical actions in scripted activities: tests of script pointer + tag hypothesis. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 18, p. 319-332, 1979.
- POTTS, G.; ST. JOHN, M.; KIRSON D. Incorporation new information into existing world knowledge. *Cognitive Psychology*, v. 21, p. 303-333, 1989.
- REDER, L. M. Plausibility judgements versus fact retrieval: alternative strategies for sentence verification. *Psychological Review*, v. 89, p. 250-280, 1982.
- _____.; ANDERSON, J. R. A partial resolution of the paradox of interference: the role of integrating knowledge. *Cognitive Psychology*, n. 12, p. 447-472, p. 1980.
- _____.; ROSS, B. H. Integrated knowledge in different task: the role of retrieval strategy on fan effects", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, v. 9, p. 52-72, 1983.
- SOARES, A. B. *L'incorporation d'information nouvelles à des connaissances préexistantes par la lecture de textes*. 1995. Tese (Doutorado) - l'Université de Paris XI, Paris.
- _____. Modelos cognitivos da aprendizagem. In: GONZALES, M. E.Q. et al. (Orgs.) *Encontro com as Ciências Cognitivas*. Marília: Unesp-Marília-Publicações, 1997. p 47-62.
- WALKER, C. H.; YEKOVICH, F. R. Script-based inferences: effects of text and knowledge variables on recognition memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 23, p. 357-370, 1984.
- _____. Activation of use of script-based antecedents in anaphoric reference. *Journal of Memory and Language*, v. 26, p. 673-691, 1987.
- YEKOVICH, F. R.; WALKER, C. H. Retrieval of scripted concepts. *Journal of Memory and Language*, v. 25, p. 624-644, 1986.

PLASTICIDADE CEREBRAL, DEFICIÊNCIA MENTAL E AUTO-ORGANIZAÇÃO

Maria Candida Soares DEL-MASSO¹

Mariana Claudia BROENS²

O objetivo deste estudo consiste em analisar, a partir do paradigma da auto-organização, a noção vygotskiana de plasticidade cerebral com especial ênfase na deficiência mental.

O termo *plasticidade*, tal como apresentado nos textos de Vygotsky (1994), refere-se à *qualidade daquilo que é plástico, isto é, que pode ser moldado pela ação de elementos externos*. Ao considerar o cérebro como suscetível de tal plasticidade, Vygotsky entende que elementos externos à estrutura do sistema neurológico podem 're-formar' ou (como talvez possamos dizer hoje) re-in-formar esse sistema. Em outros termos: o cérebro será *moldado* dependendo da interação que o indivíduo possa ter com o meio ambiente e isso independentemente de tratar-se, ou não, de um indivíduo portador de algum tipo de deficiência cognitiva.³

Entendemos que a Teoria da Auto-Organização (TAO) proposta por Debrun (1996) aliada à noção de *feedback* circular pode contribuir significativamente para a compreensão de certos aspectos de fenômenos ligados à interação do deficiente com o meio ambiente e aos processos que lhe permitem a superação de algumas limitações cognitivas.

Apresentaremos, inicialmente, uma concepção geral da deficiência mental, entendida como aquela característica que acaba por gerar uma incapacidade do indivíduo em algum plano de sua vida, afetando o seu relacionamento no interior do espaço educacional, profissional e/ou social. Trata-se de um fenômeno multidimensional, que inclui aspectos superpostos do funcionamento mental e do comportamento humano nas áreas fisiológica, comportamental, médica e social. A atual concepção de deficiência mental apresentada pela *American Association of Mental Retardation* propõe que se abandonem

¹ Docente do Departamento de Educação Especial da Faculdade de Filosofia e Ciências, Unesp - Campus de Marília. E-mail: delmasso@marilia.unesp.br

² Docente do Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências, Unesp - Campus de Marília. E-mail: mbroens@marilia.unesp.br

³ Podemos citar como exemplo casos de crianças sem quaisquer problemas neurológicos que acarretem carências cognitivas que, no entanto, apresentam problemas de aprendizagem em razão de terem crescido em ambientes carentes de interações propícias ao desenvolvimento intelectual.

os graus de comprometimento intelectual, pela graduação de medidas de apoio necessárias às pessoas com déficits cognitivos e destaca o [...] processo interativo entre as limitações funcionais próprias dos indivíduos e as possibilidades adaptativas que lhes são disponíveis em seus ambientes de vida. (MANTOAN, 1997, p. 50)

Complementando essa caracterização, Mantoan (1998, p. 94) aponta que a concepção de deficiência mental apresentada pela *American Association of Mental Retardation* implica em transformações importantes no plano de serviços e chama a atenção para as “habilidades adaptativas, considerando-as como um ajustamento entre as capacidades dos indivíduos e as estruturas e expectativas do meio em que vivem, aprendem, trabalham e se aprazem”.

Um ponto fundamental para a compreensão da deficiência mental centra-se no reconhecimento de que os indivíduos deficientes apresentam dificuldades cognitivas inexistentes em indivíduos considerados normais. Na compreensão da deficiência, Vygotsky ressalta as perspectivas educativa e social, não desconsiderando o aspecto biológico e psicológico. Ele entende que os planos biológico e cultural são entre si indissociáveis e enfatiza o desenvolvimento e a aprendizagem global do indivíduo e, conseqüentemente, as possibilidades de integração do deficiente na sociedade.

A noção de deficiência mental na perspectiva sócio cultural possibilita que o deficiente seja visualizado de modo a priorizar as suas habilidades e potencialidades, ao invés de serem apenas considerados os déficits cognitivos que apresenta.

Vygotsky (1993b, p. 11) focalizou seu pensamento no *estudo e reabilitação de crianças com desvantagem intelectual*. A abordagem dinâmica, qualitativa e multidisciplinar adotada pelo autor permite que sejam repensadas as definições tradicionais da deficiência mental como algo estático, sem possibilidade de reversão, trazendo uma nova informação acerca da propriedade do cérebro em reorganizar-se mediante os processos de compensação e de super-compensação.

No processo de compensação e de super-compensação, o deficiente pode apresentar um desenvolvimento psíquico particular, ocorrendo as modificações nas relações inter-funcionais, além da modificação da estrutura interior do sistema psíquico. A compensação e a super-compensação, argumenta Vygotsky, constituem o principal domínio de ação dos processos compensatórios da personalidade em formação.

O sentimento de inferioridade gerado pela deficiência pode acabar, paradoxalmente, funcionando como força propulsora de mudança.

Assim, em muitos casos, o deficiente tenta, por diferentes caminhos, superar a deficiência fazendo com que ela não seja considerada uma fraqueza, mas uma força para provocar mudanças.

Vygotsky (1993a) dá grande ênfase ao princípio da construção histórica do homem, enfatizando o processo instrumental que ele denomina de *mediação intercultural do saber*. Ele aponta que as funções superiores do indivíduo podem ser direcionadas, influenciadas, orientadas, modificadas pela interação com o meio social na relação entre a criança e o adulto. Fica explícita a significativa importância atribuída ao meio ambiente para o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos, sendo sua concepção enquadrada como sociointeracionista, isto é, como perspectiva que pretende superar (ou dissolver) o dilema: condições biológicas *versus* condições sócio culturais como determinantes do comportamento dos indivíduos. Para Vygotsky, é a dinâmica da interação entre esses dois aspectos que permite compreender os processos cognitivos.

Segundo Vygotsky (1994, p. 100), o mecanismo da *plasticidade cerebral* enquanto disposição para a reestruturação dos mecanismos neurológicos atua, particularmente, quando o indivíduo é portador de algum tipo de *defeito* que deva ser *compensado*. Ele argumenta que “nenhum defeito se reduz à perda isolada da função, mas que provoca uma reorganização radical do conjunto da personalidade reanimando as forças psíquicas dando-lhes uma nova via”. Assim, o indivíduo deficiente consegue desenvolver atividades cognitivas, mas de um outro modo, por vias diferentes e com meios diferentes. Ocorre uma espécie de ajuste entre o processo cognitivo e o meio ambiente, tendo como principal característica o poder de modificar constante e gradativamente o desenvolvimento das funções mentais superiores.

Com a noção de plasticidade cerebral, Vygotsky sugere uma visão holística do indivíduo, segundo a qual o surgimento do *defeito* (desde que este não comprometa as funções vitais básicas) implica imediatamente o surgimento de rearranjos do sistema neurológico visando sua adaptação eficaz às condições externas e de forma a permitir que o indivíduo sobreviva, se for adequadamente estimulado pelo meio ambiente.

Tal tese defendida por Vygotsky nas primeiras décadas do século XX (quando mal se conheciam os mecanismos e estrutura básica do cérebro) vem ao encontro de uma série de pesquisas das ciências cognitivas e neurociências. Os atuais estudos sobre a memória, a atenção, a percepção e a aprendizagem indicam que as estruturas neurológicas responsáveis por essas funções não estão necessariamente regionalizadas de modo definitivo. Segundo tais estudos, certas regiões do cérebro podem desempenhar tarefas

específicas, além das suas próprias, mediante mecanismos psico-bio-químicos que se ajustam de acordo com as necessidades do indivíduo na sua interação com o meio ambiente.

Vygotsky (1993a, p.viii) enfatiza a importância da transformação de estruturas neurológicas, ao longo do desenvolvimento, com a poderosa influência dos significados da linguagem observando que:

[...] é a interiorização da ação manifesta que faz o pensamento, e, particularmente, é a interiorização do diálogo exterior que leva o poderoso instrumento da linguagem a exercer influência sobre o fluxo do pensamento. O homem, por assim dizer, é modelado pelos instrumentos e ferramentas que usa, e nem a mente nem a mão podem, isoladamente, realizar muito.

Em se tratando dos seres humanos, ressalta Vygotsky, a linguagem desempenhará um papel fundamental, pois é simultaneamente produto da inteligência e instrumento para a ampliação da inteligência. Isto porque a linguagem é um dos principais instrumentos tanto para a aquisição do conhecimento como para a própria sustentação e condução da vida social de uma comunidade humana, cuja principal e mais básica característica é a de ser uma comunidade de falantes: a linguagem exerce um papel central na socialização dos indivíduos, deficientes ou não, e em sua interação com o meio ambiente.

Nessa mesma direção, Daniel Dennett (1997) ressalta em seus estudos de Filosofia da Mente e Ciência Cognitiva o papel da linguagem como ferramenta da inteligência cuja manipulação, também inteligente, é geradora de mais inteligência. Um exemplo do poder da linguagem para ampliar o campo cognitivo do indivíduo diz respeito à consideração da ampliação do vocabulário da criança. Na medida em que a criança passa a dominar uma maior quantidade de termos, é capaz de produzir sentenças cada vez mais complexas do ponto de vista lógico e lingüístico.

Para que a linguagem⁴ se efetive e amplie o campo cognitivo do indivíduo, como lembra Dennett, é importante o uso de mecanismos de registro e associação que facilitam a manutenção de informações na memória. Tais formas de registro são tipos de marcos exteriores da memória que a criança elabora antes de adquirir o domínio da escrita convencional. No que diz respeito ao uso de sistemas de notação, Vygotsky e Luria (1996, p. 189-190) ressaltam que quando “a criança aprende uma notação mais elaborada ela não retorna à notação primitiva”. Nesse sentido, a criança não

⁴ Não iremos, neste estudo, realizar uma análise detalhada da linguagem e suas relações com o pensamento, embora a consideremos de fundamental importância para o desenvolvimento das funções mentais superiores.

só treina a memória, como a reequipa mudando para novos sistemas, bem como para novas técnicas de rememoração e de comunicação intersubjetiva.

Em muitos casos, crianças deficientes possuem as mesmas habilidades de uma criança normal para expressar a memória e buscam criar seus próprios *marcos mnemônicos* no meio ambiente, independentemente do domínio (ou não) da escrita formal. Se, como aponta Dennett, a linguagem natural e sua formalização pela escrita convencional são as mais eficientes *ferramentas mentais* para ampliar o domínio cognitivo do indivíduo considerado normal, crianças deficientes podem (e devem) ser estimuladas a produzir marcos externos de memória. O defeito básico da mente da criança deficiente mental, ressaltam Vygotsky e Luria (1996, p.228-229), “consiste em não saberem como utilizar esses talentos naturais. Em consequência, o retardo é um defeito não só dos próprios processos naturais, mas também do seu uso cultural”. Os autores indicam que, em se tratando de crianças deficientes, parece que surgem obstáculos culturais para a criação de marcos externos de memória. Tais obstáculos impedem que mecanismos compensatórios da deficiência mental minimizem as carências cognitivas das crianças deficientes. No que diz respeito ao desenvolvimento mental, Vygotsky e Luria (1996, p. 194) apontam que a cultura:

[...] desenvolve em nós métodos cada vez mais novos, transformando assim a memória natural em memória cultural; o efeito da escola é semelhante: cria uma provisão de experiência, implanta grande número de métodos auxiliares complexos e sofisticados e abre inúmeros novos potenciais para a função humana natural.

Para que possamos compreender se a interação do indivíduo com o meio culmina com seu desenvolvimento pela aprendizagem, é importante considerar a idade cronológica e mental do indivíduo. Nesse sentido, Vygotsky (1998, p. 111-112) enfatiza que o aprendizado deve ser combinado, de alguma maneira, com o estágio de desenvolvimento da criança, não devendo limitar-se à determinação de níveis de desenvolvimento, mas abarcando as relações reais entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizagem. Nesse sentido, Vygotsky destaca a importância de considerarmos o desenvolvimento real e o potencial dos indivíduos. O desenvolvimento real é o:

[...] desenvolvimento das funções mentais da criança que se estabeleceram como resultado de certos ciclos de desenvolvimento já *completados*. Quando determinamos a idade mental de uma criança usando testes, estamos quase sempre tratando do nível de desenvolvimento real. Nos estudos do desenvolvimento mental das crianças, geralmente admite-se que só é indicativo da capacidade mental das crianças aquilo que elas conseguem fazer por si mesmas.

Ao definir o desenvolvimento real como citado acima, Vygotsky ressalta a idéia de autonomia: a criança é considerada 'normal' quando aprende autonomamente a interagir com o meio de acordo a certos padrões gerais. A determinação de tais padrões resulta, em última instância, da observação do comportamento. Continua Vygotsky apontando que, além do desenvolvimento real, a criança pode também aprender pela intervenção e orientação sistemática de um professor ou facilitador: trata-se do denominado desenvolvimento potencial. Utilizando os conceitos de desenvolvimento real e desenvolvimento potencial, Vygotski define a chamada *zona de desenvolvimento proximal* e observa que:

Quando se demonstrou que a capacidade de crianças com iguais níveis de desenvolvimento mental, para aprender sob a orientação de um professor, variava enormemente, tornou-se evidente que aquelas crianças não tinham a mesma idade mental e que o curso subsequente de seu aprendizado seria, obviamente, diferente. Essa diferença é o que nós chamamos a *zona de desenvolvimento proximal*. Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas e o nível de desenvolvimento potencial determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (1998, p. 112)

Conforme se pode inferir da citação acima, a zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário: em outras palavras, a zona de desenvolvimento proximal é constituída de *potencialidades cognitivas* cuja efetivação dependerá da forma como a criança venha a interagir com o meio. O conceito de *zona de desenvolvimento proximal* possibilita, de alguma forma, a *mensuração* do conhecimento, pois, segundo Vygotsky, esse conceito compreende a distância entre o desenvolvimento real (aquilo que já é conhecido pelo indivíduo) e o desenvolvimento potencial (o que o indivíduo poderá vir a conhecer). O desenvolvimento real é, segundo o autor, o conjunto de informações adquiridas pelo indivíduo no decorrer da existência sem a interferência direta de outros indivíduos, caracterizando o "desenvolvimento mental retrospectivamente" (VYGOTSKY, 1998, p. 113). Já o "desenvolvimento potencial" refere-se ao conhecimento que pode ser adquirido com a mediação de terceiros pelo fato do indivíduo ser dotado de certas faculdades. Vygotsky salienta, na citação acima, que o desenvolvimento potencial caracteriza a capacidade de realizar tarefas com a ajuda de adultos ou de companheiros mais capazes, caracterizando o *desenvolvimento mental prospectivamente*.

Em consequência, para efetivar-se (e conteúdos cognitivos passarem de mera promessa embrionária para conhecimentos adquiridos), o desenvolvimento potencial do indivíduo necessita da mediação e participação de outros indivíduos, particularmente no plano lingüístico, o que supõe uma interação do indivíduo com o meio. Assim, para que ocorra o desenvolvimento das habilidades cognitivas é necessária a intervenção de um mediador, que funcionará como força propulsora para mudanças dentro de um processo essencialmente dinâmico. Esse mediador pode ser um indivíduo (ou indivíduos) que possui (possuem) como desenvolvimento efetivo o que o aprendiz possui como conhecimento potencial ou, ainda, um objeto ou conjunto de objetos (tais como jogos, por exemplo) que são utilizados como instrumentos de aprendizagem.

Desse modo, a zona de desenvolvimento proximal não é absolutamente estática; não pode ser alvo de um mapeamento definitivo uma vez que os conteúdos que a compõem modificam-se constantemente (não apenas porque conteúdos potenciais são atualizados, mas também porque conteúdos reais podem ser *esquecidos*). A noção de zona de desenvolvimento proximal “capacita-nos a propor uma nova fórmula, segundo a qual o *bom aprendizado* é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento” (VYGOTSKY, 1998, p. 117).

Ao analisarmos o conceito vygotskyano de *zona de desenvolvimento proximal* e a sua aplicabilidade à educação, é importante salientar a utilidade de tal conceito em relação à educação de deficientes na teoria sociointeracionista de Vygotsky. Ao empregar conceitos como o da zona de desenvolvimento proximal e ao propor o uso de instrumentos mediadores para a atualização de potencialidades cognitivas, Vygotsky defende a adoção de estratégias aplicáveis à educação dos deficientes para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de suas capacidades de aprendizagem.

Vygotsky (1994, p.123) argumenta que:

[...] o importante é saber como se desenvolve a criança mentalmente retardada, sua deficiência e sua doença são menos importantes. O que conta é a reação criada na personalidade da criança, no processo de desenvolvimento como resposta às dificuldades que ela encontra, às dificuldades que decorrem da deficiência. A criança mentalmente retardada não é constituída unicamente por vazios ou lacunas, seu organismo enquanto entidade se reorganiza. A personalidade enquanto entidade é conduzida a um estado de harmonia e se compensa com a ajuda dos processos de desenvolvimento.

Nesse sentido, entendemos que a Teoria da Auto-Organização pode fornecer importantes contribuições para compreensão da propriedade de plasticidade cerebral. A possível *reorganização* das funções cognitivas

mediante o mecanismo de plasticidade cerebral postulada por Vygotsky parece-nos ser um processos similar aos processos de auto-organização tal como caracterizados por algumas linhas de pesquisa dos estudos contemporâneos da cognição, particularmente na perspectiva da Teoria da Auto-Organização e o mecanismo de feedback circular elaborados por Debrun (1996).

De acordo com a definição de auto-organização proposta por Debrun (1996, p. 13), há auto-organização quando elementos distintos, que se encontram e interagem sem a supervisão de um controlador central, constituem um sistema com uma certa estabilidade.

Desse modo, para Debrun, formas ou sistemas auto-organizados trazem uma novidade graças à instauração de uma forma de organização (não previamente dada por condições de partida determinadas) que emerge da interação dinâmica entre elementos distintos sem a interferência de um grande planejador, controlador e todo-poderoso.

Debrun caracteriza, ainda, dois tipos de auto-organização: a primária e a secundária. A auto-organização primária ocorre, segundo Debrun (1996, p.13), quando:

[...] a interação seguida de eventual integração se realiza entre elementos totalmente distintos (ou havendo, pelo menos, predominância de tais elementos), num processo sem sujeito nem elemento central nem finalidade imanente [...].

O aspecto que mais caracteriza a auto-organização primária é, além da ausência de um elemento controlador, o surgimento da forma ou sistema como resultado do **processo** de interação dinâmica de elementos efetivamente distintos entre si.

Por sua vez, a auto-organização secundária ocorre, segundo Debrun, quando:

[...] num processo de aprendizagem (corporal, intelectual ou existencial), a interação se desenvolve entre as partes ('mentais' e/ou 'corporais') de um organismo – a distinção entre as partes sendo então 'semi-real' – sob a direção hegemônica mas não dominante da 'face-sujeito' [a mente] desse organismo. (1996, p. 13)

Na auto-organização secundária a novidade surge pelo processo de reestruturação da forma quando os elementos semi-distintos que constituem o sistema interagem colaborando entre si sob a orientação ou direção – e não domínio – de um de seus elementos (a colaboração passaria a ser o principal mecanismo de ajuste nos movimentos do sistema). Debrun aponta que a auto-organização secundária "é própria dos organismos" (p. 20) e que seu exemplo mais forte dá-se no âmbito da relação mente/corpo (p. 13).

De acordo com a teoria da auto-organização, para que uma reorganização ocorra, isto é, para que surja a auto-organização secundária, é necessária a existência de estados disposicionais, ou seja, estados que *em condições adequadas, desencadeiam acontecimentos, eventos ou fenômenos, gerando mudanças* (Gonzalez, Broens & Del-Masso, 1999). Há auto-organização secundária quando *potencialidades* são efetivadas na medida em que ocorre uma reorganização mental e em que emerge uma nova situação que envolve mecanismos de aprendizagem. Gonzalez (1996, p. 284) aponta que na auto-organização secundária “incluem-se a retroalimentação e aprendizagem através da correção de erros, bem como critérios de relevância para distinguir as situações boas/adequadas daquelas más/inadequadas para o desenvolvimento do sistema”.

Nesse sentido, a nossa hipótese, a ser ainda melhor desenvolvida, é que no caso dos processos cognitivos do deficiente, seu desenvolvimento dependerá da cooperação social. Entendemos que a noção de *feedback circular*, conceito essencial para os estudos sistêmicos dentro dos quais se insere a TAO, pode vir a enriquecer a concepção sóciointeracionista defendida por Vygotsky.

Como amplamente estudado pela Cibernética, existem dois tipos de *feedback*: o positivo e o negativo. O primeiro é, segundo Gonzalez (2001),⁵ aquele tipo de *feedback* circular que traz novidade ao sistema na dinâmica de interação do sistema com o meio. Essa novidade pode desestabilizar o sistema de modo a permitir-lhe adequar-se a novas condições ou, dependendo da capacidade do sistema de lidar com a novidade, pode desestabilizá-lo até seu desaparecimento. O *feedback* negativo, por sua vez, é aquele que permite a preservação e manutenção do sistema sem o aparecimento da novidade. Esta distinção entre ambos tipos de *feedback* circular aponta para o delicado equilíbrio que sistemas dinâmicos complexos devem preservar para manter-se. A novidade, que em princípio parece sempre bem-vinda para atualizar o sistema, não pode exceder a capacidade que o sistema tem de assimilá-la. Para evitar o colapso do sistema, os elementos que o compõem devem ter condições de reajustar-se frente às novas condições que inicialmente perturbam o equilíbrio existente. Entendemos que é nesse delicado equilíbrio que se situam os processos de aprendizagem.

Considerando o caso da aprendizagem, pretendemos destacar que nem todas as formas de interação permitem que se amplie o campo cognitivo dos indivíduos em geral e, particularmente, daqueles portadores

⁵ Como apontado em texto inédito apresentado em palestra proferida no IV Colóquio Michel Debrun realizado em agosto de 2001 na Faculdade de Filosofia e Ciências da Unesp – Campus de Marília.

de deficiência mental. Consideramos que pode, efetivamente, processar-se a plasticidade cerebral quando ocorrem processos positivos e negativos de *feedback* circular em que os mecanismos de retroalimentação permitem uma certa remodelagem das estruturas cerebrais responsáveis pelos processos cognitivos.

A concepção acima esboçada sobre o papel do mecanismo de *feedback* na cognição possibilita uma aproximação teórica inesperada entre correntes sócio-históricas e as neurociências cognitivas. A clássica questão que discute o fator preponderante na constituição do indivíduo humano, o cultural ou o biológico, parece-nos mal colocada na medida em que constrói uma dicotomia indevida entre ambos. O meio cultural e a constituição neurofisiológica são fatores indissociáveis: o indivíduo constitui um organismo inserido no meio cultural em que nasce e se desenvolve. Procuramos ressaltar neste ensaio que, em se tratando de indivíduos portadores de deficiência mental, caberia utilizar as estratégias cognitivas adequadas para propiciar as condições ambientais em que a auto-organização secundária possa operar pela ação do *feedback* circular.

Referências

- ASHBY, W. R. Principles of the self-organizing systems. In: VON FOERSTER, H.; ZOPF JÚNIOR, G. W. (Org.) *Principles of self-organization*. Oxford: Pergamon, 1962. p. 255-78. (Reimpresso In: ASHBY, W.R. *Mechanisms of intelligence*. Seaside: Intersystems, 1981. p. 55-89).
- DEBRUN, M. M. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Org.). *Auto-organização*. Campinas: Unicamp, 1996. p. 3-23. (Coleção CLE, v.18).
- DEL-MASSO, M. C. S. Vygotsky e a ciência cognitiva: a importância dos fatores culturais no processo de aprendizagem. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. *Encontro com as Ciências Cognitivas*. Marília: Unesp Marília Publicações, 1998. v. 2, p. 227-234.
- DENNETT, D. *Tipos de mentes: rumo a uma compreensão da consciência*. Rio de Janeiro: Rocco, 1997. 166p.
- GONZALEZ, M. E. Q. Ação, causalidade e ruído nas redes neurais auto-organizadas. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JÚNIOR, O. (Org.). *Auto-organização*. Campinas: Unicamp, 1996. p. 273-297. (Coleção CLE, v.18).
- _____. O papel da causalidade circular no processo de auto-organização. Conferência. COLÓQUIO MICHEL DEBRUN, 4, Marília; Faculdade de Filosofia e Ciências - Unesp, 2001.
- GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C., DEL-MASSO, M. C. S. *Memory and self-organization: an ecological approach*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERCEPTION ACTION, 10, Scotland. 1999a.

GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C., DEL-MASSO, M. C. S. Memory and self-organization. *Revista Eletrônica Informação e Cognição*. v.1, n.1, 1999b. Disponível em <<http://www.marilia.unesp.br>>. Acesso em novembro de 2000.

LURIA, A. R. *Cognitive development: its cultural and social foundations*. 4. ed. Cambridge: Harvard University Press, 1982. 175p.

MANTOAN, M. T. E. Inclusão escolar de deficientes mentais: que formação para professores? In: _____. et al. *A integração de pessoas com deficiência*. São Paulo: Memnon, 1997. p. 119-127.

_____. Educação escolar de deficientes mentais: problemas para a pesquisa e o desenvolvimento. *Cadernos Cedes*, v. 46, p. 93-107, 1998.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1993a. 135p.

_____. *Fundamentals of defectology*. In: _____. *Collected Works*. New York: Plenum Press, 1993b. v.2, Trans. J. Knox & C. Stevens. 349p.

_____. *Défectologie et déficience mentale*. Tradução de E. BARISNIKOV e G. PETITPIERRE. Paris: Delachaux et Niestlé S.A, 1994. 258p.

_____. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 6.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 191p.

VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R. *Estudos sobre a história do comportamento: o macaco, o primitivo e a criança*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 252p.

Sobre o Livro
Formato: 16 x 23 cm
Tipologia: Gâtineau 10
Papel: pólen soft 85g/m² (miolo)
Cartão Supremo 250g/m² (capa)
1ª edição: 2001

Impressão e acabamento

GRÁFICA DA FFC/MARÍLIA

(14) 3402-1305



Sociedade Brasileira de Ciências Cognitivas

Fundunesp

Fundação para o Desenvolvimento da UNESP