

Ademar Simões da Motta Junior

ANEXO AO PROCESSO 504/98

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA

**A AUTO - ORGANIZAÇÃO NO
PROCESSO COGNITIVO**

**Marília
2001**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNESP - "Júlio Mesquita Filho"

Faculdade de Filosofia e Ciências

A AUTO-ORGANIZAÇÃO NO PROCESSO COGNITIVO

Orientando: *Ademar Simões da Motta Junior*

Orientadora: *Prof.^a Dr.^a Maria Eunice Quilici Gonzalez*

1410001281



Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia e Ciência da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Marília, para obtenção do título de Mestre em Filosofia (Área de Concentração: Ciência Cognitiva e Filosofia da Mente)

**Marília – SP
2001**



Nº cham 153.4
M921a

Aquisição. 1

Preço R\$ 5,00

Data____/____/____

Proced. autor

CDD20 – 153.4

ADEMAR SIMÕES DA MOTTA JUNIOR

A AUTO-ORGANIZAÇÃO NO PROCESSO COGNITIVO

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Eunice Quilici Gonzalez

2º Examinador: Prof. Dr. Adrian Oscar Dongo Montoya

3º Examinador: Prof. Dr. Jônatas Manzolli

4º Examinador: Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues

5º Examinador: Prof^ª. Dr^ª. Maria Cândida Soares Del Masso

Marília, 07 de março de 2001



AGRADECIMENTOS

Devo agradecer, em primeiro lugar, ao Prof. Dr. Mário A. de
Ferreira, meu orientador, por sua orientação e apoio durante todo o
curso de graduação, e em especial, por sua orientação e apoio durante
a elaboração e defesa desta dissertação.

Agradeço também ao Prof. Dr. Antônio Carlos de Almeida para
sua orientação e apoio durante a elaboração desta dissertação.

Agradeço ao Prof. Dr. Sérgio de Almeida, por ter recebido
muito bem a minha pessoa e por ter me recebido em sua casa, onde
foi que eu pude fazer a minha dissertação e onde eu pude fazer a
defesa desta dissertação.

Agradeço também aos meus colegas de curso, em especial, ao
Prof. Dr. Antônio Carlos de Almeida e ao Prof. Dr. Maria Cândida de
Almeida, por terem me recebido e por terem me recebido em sua casa.

Ao Pe. Antonio Marques do Vale

Agradeço ao Pe. Dr. Carlos Daniel de Almeida, pelos ensinamentos durante
tudo o tempo que eu estive em sua casa, por sua orientação e apoio
durante a elaboração e defesa desta dissertação.

Que através de seu exemplo de ser
humano, grande amigo e professor
ensinou-me grandes lições na vida.

Um grande agradecimento a todos os meus amigos de graduação em

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento especial é dedicado à Prof^a. Dr^a. Maria Eunice Quilici Gonzalez, que como orientadora dedicada, atenciosa e muito competente fez, por meio de suas inúmeras correções e idéias, com que este trabalho fosse realizado.

Agradeço, também, ao Prof. Dr. Adrian Oscar Dongo Montoya pela grande ajuda e orientação na finalização deste trabalho.

Minha gratidão ao Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues, por ter aceitado participar da banca examinadora e pela sua valorosa contribuição dada no exame de qualificação me agraciando com suas sugestões e críticas para a realização da redação final desta dissertação.

Quero agradecer aos outros participantes da banca examinadora, ao Prof. Dr. Jônatas Manzolli e à Prof^a. Dr^a. Maria Cândida Soares Del Masso de Araújo por se disporem a participar desta defesa de dissertação.

Não posso deixar de lembrar e agradecer, apesar de estarmos distantes, ao Prof. Dr. Cosme Damião Basto Massi, pelos ensinamentos durante toda a graduação em Filosofia, pelo incentivo em terminar o mestrado em Educação Física, pela orientação quando fui bolsista do CNPq e acima de tudo pela sua amizade.

Um grande agradecimento a todos os meus amigos da graduação em



Filosofia, em especial ao Ronaldo José Moraca pelas prazerosas horas de conversas filosóficas que muito me ajudaram e pela sua amizade.

Agradeço a minha amiga professora Roseli Kuniyoshi da Silva, pela disponibilidade, atenção e grande ajuda na correção do português desta dissertação.

Por fim, agradeço a toda a minha família, em especial a minha mãe e meu pai, por sempre me incentivarem nos estudos e a minha querida Andréia, por estar ao meu lado ajudando-me e estimulando-me nas horas difíceis.



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO 1 - A CIBERNÉTICA E O PARADIGMA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO	16
Introdução	18
Seção 1 - Um pouco da história da cibernética	19
Seção 2 - Informação, controle e máquina	28
Seção 3 - O paradigma da Auto-organização	41
CAPÍTULO 2 - APLICAÇÃO DA TEORIA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO NA CIÊNCIA COGNITIVA	46
Introdução	48
Seção 1 - Hipóteses centrais da Teoria da Auto-organização	50
Seção 2 - Auto-organização e Inteligência Artificial (IA)	65
Seção 3 - Auto-organização e Redes Neurais Artificiais (RNA)	71
CAPÍTULO 3 - O SUJEITO COGNITIVO E SUA NOVA CARACTERIZAÇÃO NO PARADIGMA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO	85
Introdução	87
Seção 1 - A concepção cartesiana de sujeito cognitivo	88
Seção 2 - A concepção de sujeito cognitivo no processo de auto-organização	98
CAPÍTULO 4 - O SUJEITO COGNITIVO PIAGETIANO E A AUTO-ORGANIZAÇÃO	108
Introdução	110
Seção 1 - O processo cognitivo na concepção piagetiana	112
Seção 2 - Adaptação e organização no desenvolvimento cognitivo segundo a concepção piagetiana	117
Seção 3 - O processo cognitivo piagetiano e a auto-organização	131
CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
BIBLIOGRAFIA	145

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação diagramática de realimentação de um sistema	26
Figura 2 - Figura representacional de um sistema de comunicação inspirada nas idéias de Shannon & Weaver (1949, p. 7)	35
Figura 3 - Exemplo representacional de um esquema de escolha com oito possibilidades iniciais ...	37
Figura 4 - Exemplo representacional de um processo de auto-organização	64
Figura 5 - Representação diagramática de uma máquina de Turing	68
Figura 6 - Esquema figurativo simplificado de um neurônio artificial	72
Figura 7 - Figura representacional de neurônios conectados por sinapses. Os sinais elétricos fluem para os dendritos e ao longo do axônio	74
Figura 8 - Representação de uma rede neural de McCulloch e Pitts	75
Figura 9 - Representação de uma rede neural nos modelos RNA	78
Figura 10 - Representação caricatural do sujeito cognitivo cartesiano composto de corpo e alma	99
Figura 11 - Representação figurativa do sujeito cognitivo da auto-organização, imbricado no universo físico, temporal e cultural em que vive	106
Figura 12 - Representação figurativa dos tipos de inteligência que o sujeito possui, conforme os períodos de desenvolvimento cognitivo piagetiano	137
Figura 13 - Figura representacional do desenvolvimento evolutivo do sujeito em seu processo cognitivo durante a vida	139

MOTTA JR., A. S. *Auto-organização no processo cognitivo*. Marília, 2001. 153 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia – Linha de Pesquisa: Ciência Cognitiva e Filosofia da Mente) – Faculdade de Filosofia e Ciência, Campus de Marília, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

O objetivo desta dissertação é investigar a auto-organização no processo cognitivo a partir de uma perspectiva filosófica. Apoiamo-nos, principalmente, nas idéias de Ashby, Debrun e Atlan para explicitar os conceitos básicos de auto-organização. Nesse contexto, verificamos uma possível aplicação da Teoria da Auto-organização em alguns processos cognitivos. Iniciamos nossos estudos investigando a aplicação do conceito de auto-organização em processos inteligentes de modelos mecânicos produzidos pelas duas vertentes da ciência cognitiva: IA (Inteligência Artificial) e RNA (Redes Neurais Artificiais). Em seguida, verificamos se o conceito de auto-organização se aplica no processo cognitivo cartesiano. Por fim, executamos o mesmo tipo de verificação nos processos cognitivos, tal como caracterizados pela teoria piagetiana. Concluímos nosso trabalho constatando que a aplicação da Teoria da Auto-organização em processos cognitivos, simulados por máquinas na ciência cognitiva, não é uma tarefa fácil, pois tal teoria contém pressupostos que não são preenchidos pela maioria dos processos mecânico-computacionais. No entanto, argumentamos que existe uma possibilidade de aplicação do conceito de auto-organização em processos cognitivos do tipo piagetiano, que levam em consideração a ação e o contexto em que está inserido o sujeito cognitivo.

Palavras-chave: Auto-organização; processo cognitivo; cibernética; ciência cognitiva; informação.

MOTTA JR., A. S. *Self-organization in cognitive process*. Marília, 2001. 153 p.
Dissertação (Mestrado em Filosofia – Linha de Pesquisa: Ciência Cognitiva
e Filosofia da Mente) – Faculdade de Filosofia e Ciência, Campus de
Marília, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

ABSTRACT

This dissertation investigates the nature of self-organization in cognitive processes from a philosophical perspective. We elucidate the fundamental concepts of the theory of Self-organization on the basis of ideas developed by Ashby, Debrun and Atlan. We will investigate a possible application of the theory of Self-organization to some cognitive processes. We start with an investigation of the application of the ideas of self-organization to mechanical models developed by IA (Artificial Intelligence) and RNA (Artificial Neural Networks). We then examine if self-organization can be applied to the traditional Cartesian view of cognitive processes. Finally, the same investigation was applied to the Piagetian theory of cognitive processes. The conclusion of this research has shown that the application of the theory of Self-organization to cognitive processes, as simulated by computational models in cognitive science, is far from straightforward, because the theory of Self-organization contains suppositions that are not shared by the majority of mechanical-computational models in cognitive science. However, we argue that the basic ideas of the theory of Self-organization can be applied to cognitive process of the Piagetian kind, in which action and context play a relevant role.

Keywords: Self-organization; cognitive process; cybernetics; cognitive science; information.

INTRODUÇÃO GERAL

Esta dissertação tem como objetivo investigar a auto-organização no processo cognitivo a partir da perspectiva filosófica. Vale salientar que, durante todo o nosso estudo, quando falamos de auto-organização, estamos nos referindo, primordialmente, às idéias de Ashby (1970, 1962, 1952), Debrun (1997, 1996a, 1996b, 1994) e Atlan (1992).

A Teoria da Auto-organização (daqui para frente TAO) tem algumas hipóteses centrais, dentre elas a suposição da existência de processos que se desenvolvem independentemente de um centro organizador onipotente, cujos elementos se unem inicialmente por obra do acaso.

A explicação dada pela TAO sobre a diferenciação entre auto-organização e hetero-organização é muito importante para o nosso ensejo de verificar se a auto-organização se aplica nos processos cognitivos que estudaremos neste trabalho.

A aplicabilidade da TAO em muitos processos cognitivos, simulados em computadores até o presente momento, parece não ser uma tarefa simples, pois essa teoria pressupõe algumas exigências básicas, tais como as relatadas acima, que não são preenchidas por processos cuja estrutura é pré-programada.

Por conseguinte, nosso intento é verificar em alguns processos cognitivos a possível presença da auto-organização. No entanto, é importante

lembrar que, em nosso estudo, tal verificação foi feita em poucos processos por haver escassez de tempo para a elaboração desse árduo trabalho, que envolve não apenas a análise da noção de auto-organização, mas ainda, a noção de processo cognitivo.

Segundo Flavell et al. (1999, p. 9), definir precisamente um processo¹ cognitivo² é uma tarefa difícil, pois seu sentido, após as diversas teorias criadas ao longo dos anos, aparece de maneira aberta a discussões, discordâncias e, muitas vezes, cabendo nele reformulações, redefinições e a introdução de novas instâncias e exemplos.

Segundo Wilson & Keil (1999, p. 128), durante séculos estudiosos formularam idéias e teorias sobre o processo cognitivo humano. Alguns deles, por exemplo, consideravam que o componente mor do processo cognitivo era o meio externo ao indivíduo. Ao invés de se conceber indivíduos como agentes autônomos, que agem por causa de suas próprias idéias e intenções, ou porque seus aparatos cognitivos contêm determinadas tendências estruturadoras autônomas, os indivíduos eram concebidos como seres que agem como refletidores passivos de várias forças e fatores de seu ambiente (Gardner, 1996, p. 26). Essas duas abordagens acerca dos indivíduos trazem implicações para o estudo do processo cognitivo as quais serão melhor desenvolvidas nos

¹ Etimologicamente processo vem do latim *processu* que significa: ato de proceder, de ir por diante; seguimento, curso, marcha; sucessão de estados ou de mudanças; maneira pela qual se realiza uma operação, segundo determinadas normas; método, técnica (Ferreira, 1999; Cunha, 1982; Bueno, 1968).

² Segundo Ferreira (1999), Cunha (1982) e Bueno (1968) cognitivo vem do latim *cognitus*, part. pass. de *cognoscere*, 'conhecer', + -ivo, adjetivo relativo à cognição, ou ao conhecimento. Cognição, pois, vem do latim *cognitione*, que significa: aquisição de um conhecimento.

capítulos 3 e 4 deste trabalho.

Além das duas abordagens apontadas no parágrafo anterior, que inspiraram os estudiosos no desenvolvimento de outras maneiras de explicarem a evolução da cognição humana, temos, atualmente, segundo Flavell et al. (1999, p. 10) outras como: a piagetiana, o processamento de informações, a neopiagetiana e a contextual. Essas novas abordagens parecem ser frutos do desenvolvimento e progresso de vários ramos da ciência, dentre eles, a neurociência, a cibernética, a psicologia e a biologia. Por exemplo, segundo Soares (1993, p. 24-25), com a ascensão da teoria do processamento de informação, que se desenvolveu com o objetivo de desvendar os mistérios do percurso da informação, os cientistas cognitivos consideram o processo cognitivo como um mecanismo que capta e processa informação, utilizando-a apropriadamente para se manter nos limites da existência (homeostase).

Assim sendo, comungando com Flavell et al. (1999, p. 9) e Wilson & Keil (1999, p. 128), julgamos que uma definição conclusiva de processo cognitivo não levaria ao que poderíamos chamar de evolução da ótica definidora do processo cognitivo.

Dentre as abordagens apontadas por Flavell et al. (1999, p. 10-14), estudamos, neste trabalho, aquela que eles denominam *abordagem piagetiana*. De acordo com eles nessa abordagem o sistema cognitivo interage com seu ambiente e, por meio de suas interações, sofre mudanças evolutivas. Segundo eles, o sistema cognitivo tem um papel muito ativo em seu intercâmbio

com o ambiente, criando uma construção mental da realidade no curso de numerosas experiências. Cada encontro cognitivo com o mundo sempre tem dois aspectos: a *assimilação* e a *acomodação*. Procuraremos investigar esses aspectos a partir da TAO, pois esta nos mostra uma nova maneira de visualizar e analisar os processos cognitivos.

Desta maneira, trilhamos um caminho para compreendermos, primeiramente, o que vem a ser auto-organização, segundo a TAO. Iniciamos nossos estudos com os primórdios da cibernética; enveredamos nos modelos cibernéticos, na segunda cibernética e na TAO. Em seguida, pesquisamos alguns modelos mecânicos artificiais, desenvolvidos pelos cognitivistas, que simulam processos inteligentes. Posteriormente, investigamos alguns processos cognitivos e seus aparatos teóricos.

A pesquisa foi dividida em quatro capítulos:

No **Capítulo 1**, tecemos um breve histórico da cibernética enfatizando o processo de *feedback* em sistemas complexos, ressaltando que nos modelos que utilizam *feedback* encontram-se os primórdios da TAO. Argumentamos, ainda, que a noção de informação é fundamental para a cibernética. E, tendo a cibernética produzido os sistemas auto-organizados, entre outros, lembramos que esses apresentam-se como um novo paradigma para o desenvolvimento de reflexões dos processos cognitivos.

No **Capítulo 2**, analisamos os dizeres de Dupuy, segundo os quais a cibernética recebeu hoje um novo rótulo denominado *Ciência Cognitiva*.

Resumidamente, investigamos nesse capítulo os princípios básicos da auto-organização e sua aplicação na ciência cognitiva. Primeiramente definimos o conceito de auto-organização segundo Ashby, Debrun e Atlan. Assim, alicerçado o conceito de auto-organização, verificamos a aplicação da TAO nas duas vertentes da ciência cognitiva: Inteligência Artificial (IA) e Redes Neurais Artificiais (RNA).

No *Capítulo 3*, comparamos a concepção de sujeito cognitivo cartesiano com a concepção de sujeito cognitivo da auto-organização para verificarmos se a TAO se aplica no processo cognitivo cartesiano. Iniciamos o capítulo fazendo um breve percurso na filosofia cartesiana, mostrando que o sujeito cognitivo tradicional é concebido como sendo detentor absoluto da razão. Em seguida, verificamos a concepção de sujeito cognitivo na TAO (Gonzalez, 1998; Debrun, 1997, 1996b) e mostramos que é impossível a aplicação dessa teoria no desenvolvimento cognitivo do sujeito tradicional cartesiano.

No *Capítulo 4*, analisamos o desenvolvimento cognitivo do sujeito na concepção piagetiana e a possível aplicabilidade da auto-organização nesse desenvolvimento. Iniciamos o capítulo mostrando os pressupostos teóricos piagetianos e a sua argumentação, segundo a qual a evolução cognitiva do sujeito passa por uma construção gradativa e paulatina que desenvolve-se por meio de interações entre o sujeito e o meio ambiente.



Após tecermos alguns comentários sobre as hipóteses básicas da teoria de Piaget no processo cognitivo, finalizamos a dissertação verificando se a auto-organização se aplica na evolução desse processo, tal como concebida por Piaget.

CAPÍTULO 1

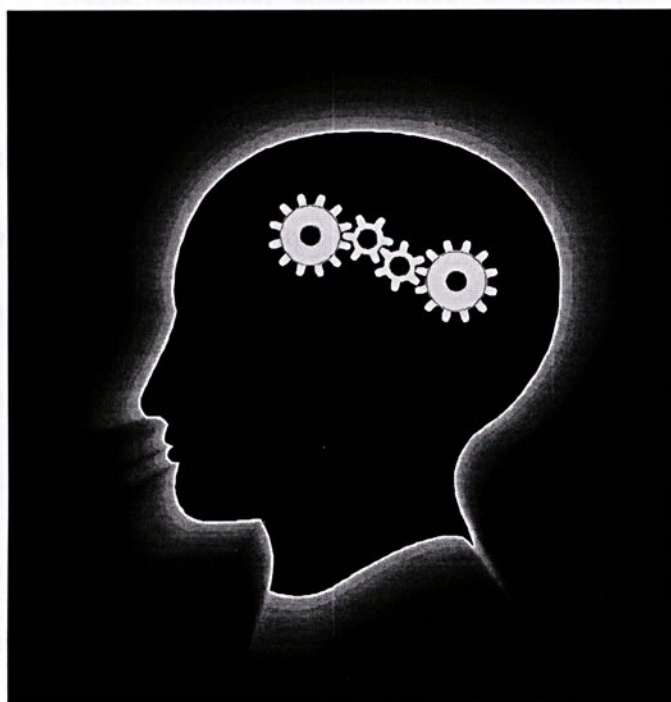
A CIBERNÉTICA E O PARADIGMA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO

CAPÍTULO 1

A CIBERNÉTICA E O PARADIGMA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO

*quando o primeiro processo
se funde ao ser construído pela
estrutura, emerge o novo
sistema - um novo ser*

INTRODUÇÃO



*... quando o primeiro processo
de feedback foi construído pela
evolução, começou a vida.*

Rapp (1970, p. 88)

INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, analisaremos a concepção de um mundo naturalmente ordenado e organizado, onde todos os seus componentes estão submetidos às leis naturais. Tal concepção parece estar sendo substituída por outro, no qual a ordem/organização é vista, cada vez mais, como constituída de fenômenos de auto-produção, auto-regulação, auto-desenvolvimento, etc. Este enfoque, por conseguinte, nos permite visualizar um novo paradigma, o qual focaliza o processo de auto-organização cuja ênfase não se situa em algo pré-estabelecido, mas, sim, em processos que se organizam dinamicamente. Assim sendo, tecemos, primeiramente, na seção 1, um breve histórico conceitual da cibernética apontando os lampejos das origens da auto-organização nessa área de estudos e ressaltamos a importância que tem o *feedback* para seres vivos e não vivos. Na seção 2, mostraremos o desenvolvimento de processos cibernéticos presentes em modelos mecânicos, que simulam comportamentos e atividades de seres vivos. Enfatizaremos, nessa seção, que em tais processos estão os primórdios e o desenvolvimento da ciência cognitiva. Finalmente, na seção 3, discutiremos o tema da auto-organização como um novo paradigma para o estudo da cognição.

SEÇÃO 1 - Um pouco da história da cibernética

Ao fazermos uma retrospectiva histórica do termo cibernética³ vamos nos ater a seis séculos antes de Cristo, onde podemos verificar na passagem descrita por Ducrocq (1955, p. 5) a sua antiga origem:

... desde o século sexto antes do nascimento de Cristo, ele (Teseu) foi venerado num culto particular. Todo ano festejava-se a lembrança da viagem de Teseu a Creta com bastante festas que se estendiam do sexto ao décimo-segundo pianepsião (outubro). Encontraram seu apogeu nos 'cibernésios', festas que glorificavam a arte da pilotagem e que eram comemoradas na noite do sexto dia: segundo a lenda, essas festas foram instituídas pelo próprio Teseu em homenagem aos dois pilotos do mar, Nausithoos e Faiax, que o conduziram a Creta e aos quais ele teria até erigido um santuário.

Posteriormente, Platão⁴ usou o termo cibernética (κυβερνητική) ao descrever o aspecto prudencial da arte da pilotagem, a arte de governar (Apter, 1973, p. 35).

Frank (1970, p. 24) observa que o termo cibernética empregado nas obras de Platão possui três sentidos distintos:

³ A etimologia de cibernética conforme os dicionários especializados (Cunha, 1982; Bueno, 1968; Magne, 1961; Machado, 1952) dizem que: O lat. *gubernare*, 'governar uma nave', depois 'conduzir, governar algo', donde 'gerir, administrar' (base do port. *governar*, esp. *gobernar*, fr. *gouverner* (donde o ing. *to govern*), it. *governare*, todos documentados muito cedo, entre os sécs. X e XII, é adaptação do gr. *kybernáo*, de igual sentido, que tem seu radical em cognatos vários, dentre os quais *kybernésia*, 'cibernésios, festival ateniense em honra dos pilotos'; *kybernesis*, 'cibernese, ação de dirigir por meio de um leme'; *kybernetes*, 'piloto, timoneiro', e *kybernetikós*, 'relativo a piloto', sendo *kybernetikón* (originalmente adjetivo neutro singular), em Platão, como substantivo neutro, tanto 'arte do timoneiro' como 'arte de governar os homens'. A expressão *he kybernetiké (tékne)*, 'a arte de pilotar', aparece no *Górgias*, [511 d], de Platão, onde Sócrates diz "...a arte de pilotar, (de dirigir, de governar), que preserva não apenas as almas dos homens, mas também seus corpos e bens contra os maiores perigos..."

⁴ PLATÃO, *A República*, I, 346 B.

1 - Em “Alcibiades”, “Gorgias” e no tratado sobre o Timoneiro possui o sentido da arte de dirigir um navio ou um carro.

2 - Em “Clítofon” tem o sentido da arte de dirigir homens.

3 - Na obra “A República”, tem o sentido de considerar todo o dirigente em geral.

Tais sentidos, relatados por Frank (1970) do termo cibernética dado por Platão em suas obras, apesar de designar o ‘dirigir’ a coisas distintas, o sentido de dirigir algo parece ser o essencial.

Segundo Dechert (1970, p. 21), Ampère, em 1834, retomou o termo usado por Platão para designar aquilo que ele classificava como o ‘estudo dos meios de governar’ onde, mais uma vez, os aspectos de pilotagem, condução, controle e comando estão envolvidos.

Platão, ao tratar da arte da pilotagem, ressaltando que o comando e o controle são responsáveis pela condução do barco, das pessoas ou das idéias, concebeu, há mais de 23 séculos, uma das hipóteses fundamentais da cibernética atual, segundo a qual *comando e controle* estão na origem de todo o procedimento cibernético.

Por muito tempo, cibernética foi uma palavra morta e que, atualmente, vive para indicar uma área peculiar do campo científico. Foi Wiener um dos responsáveis pela retomada do termo cibernética (Gardner, 1996, p. 35).

Dupuy (1996, p. 45) relata que Wiener foi incumbido, no período da Segunda Guerra Mundial, de estudar os problemas concernentes ao controle de ataque anti-aéreo. Por envolver questões múltiplas e complexas, tais questões suscitavam, simultaneamente, interesses de matemáticos, engenheiros eletrônicos, neurofisiologistas e filósofos, entre outros. Assim, surgiu nos Estados Unidos, em meados de 1942, no MIT (Massachusetts Institute of Technology), um grupo de jovens intelectuais, entre os quais se destacam: Rosenblueth, McCulloch, Pitts, Wiener, von Neumann e outros. Nesses encontros, os intelectuais debatiam, de modo livre, assuntos de suas respectivas especialidades, confrontando-as com as dos demais. Por conseguinte, fisiologistas, neurologistas, físicos, matemáticos, engenheiros e filósofos tinham a oportunidade de explorar um campo promissor para o desenvolvimento das ciências. Segundo Dupuy (1996), os primórdios da cibernética são frutos dos encontros desses jovens intelectuais.

O surgimento da cibernética, com o significado que se tem hoje em dia, isto é, como todo o campo da teoria do comando, controle e comunicação, em qualquer sistema, mecânico, biológico ou social, situa-se basicamente no ano de 1948, com Wiener em sua obra "Cibernética: ou controle e comunicação no animal e na máquina" (Gardner, 1996, p. 35).

Wiener (1970, p. 36) descreve sua nova ciência da seguinte maneira: "*Nós decidimos chamar todo campo da teoria do controle e da*

comunicação, seja na máquina ou no animal, pelo nome Cibernética".

Segundo Azevedo (1972, p. 11), em 1948, quando Wiener cunhou o termo cibernética, este o fez sem conhecer a designação de Platão, nem a de Ampère. Contudo, ele definiu o termo a partir de dois significados: o primeiro, da língua grega abarcando os significados *dirigir* e *governar*, e o segundo, da designação inglesa de *governor*, dos reguladores automáticos da época. Sua designação pretendia englobar todas as questões atinentes à informação e à comunicação, que se acham na base do controle funcional dos seres vivos e das máquinas.

Posteriormente, Wiener tomou conhecimento da designação antiga do termo cibernética, como podemos verificar na seguinte passagem:

... 'Cibernética', deriva da palavra grega Kubernetes ou 'piloto', a mesma palavra grega de que evidentemente derivamos nossa palavra 'governador'. Descobri casualmente, mais tarde, que a palavra já havia sido usada por Ampère com referência à ciência política e que fora inserida em outro contexto por um cientista polonês; ambos os usos datavam dos primórdios do século XIX. (Wiener, 1993, p. 15)

Quando nos embebedamos do invólucro cibernético e tomamos posse de sua evolução, constatamos que a cibernética deu um grande impulso no progresso tecnológico da atualidade, desenvolvendo e criando máquinas e teorias sobre os seres vivos, tendo, pois, um grande valor e significado para cientistas, historiadores, economistas, educadores e filósofos.

Dupuy (1996, p. 44) relata que a cibernética em seu projeto teórico, ideológico e técnico moldou a nossa época como nenhuma outra ciência. Diz, também, na passagem abaixo, que por ela ter uma linguagem numerosa e variada suscitou o desenvolvimento de várias outras ciências:

[a cibernética] introduziu a conceituação e o formalismo lógico-matemático nas ciências do cérebro e do sistema nervoso; concebeu a organização das máquinas de processamento de informação e lançou os fundamentos da inteligência artificial; produziu a “metaciência” dos sistemas, a qual deixou sua marca no conjunto das ciências humanas e sociais, da terapia familiar à antropologia cultural; inspirou fortemente inovações conceituais na economia, na pesquisa operacional, na teoria da decisão e da escolha racional, na teoria dos jogos, na sociologia, nas ciências do político e em muitas outras disciplinas; forneceu na hora certa várias “revoluções científicas” do século XX -, muito diversas, pois vão da biologia molecular à releitura de Freud feita por Lacan -, as metáforas de que precisam para assimilar sua ruptura em relação a paradigmas estabelecidos. (Dupuy, 1996, p. 44)

Os conceitos de *comunicação e controle* encontram-se no berço da cibernética; Wiener colocou-os na mesma classe. Podemos sintetizar o entrelaçamento desses conceitos realizado por Wiener (1970, p. 67) do seguinte modo:

a) Ao me comunicar com outra pessoa, transmito-lhe uma mensagem; ao se comunicar comigo, ela, por sua vez, replica com uma mensagem conexa, que contém informação que lhe é originariamente acessível.

b) Ao comandar as ações de outra pessoa, comunico-lhe uma

mensagem. No entanto, apesar de tal mensagem estar no imperativo, a técnica de comunicação não difere da de uma mensagem de fato. Assim, para o meu comando ser eficaz, tenho que tomar conhecimento de quaisquer mensagens vindas de tal pessoa, que possam me indicar se a ordem foi entendida e obedecida.

Os itens acima, *a* e *b*, sintetizam uma situação onde damos uma ordem a um ser humano. Conforme Wiener, quando dou uma ordem a uma máquina, esta situação não difere essencialmente da situação que surge entre homem/homem. Wiener (1993, p. 16) afirma ainda que: “... *para mim, pessoalmente, o fato de o sinal, em seus estágios intermediários, ter passado por uma máquina em vez de por uma pessoa, é irrelevante, e em nenhum caso altera significativamente minha relação com o sinal*”.

Podemos dizer que, do ponto de partida da cibernética, todos os sistemas de controle e comunicação, quer sejam orgânicos (de ocorrência natural) quer sejam artificiais, podem ser expressos nos mesmos termos usando-se o mesmo conjunto de conceitos. Por conseguinte, para muitos ciberneticistas a distinção entre ser vivo e não vivo é considerada insignificante. Por esse motivo, em cibernética, tende-se a falar de *sistemas*⁵, termo que, em si mesmo, é neutro no que diz respeito à dicotomia entre ser vivo e não vivo.

⁵ Do grego *systema*: 'reunião, grupo', pelo latim *systema*: 1. Conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação. 2. Disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si, e que funcionam como estrutura organizada. (Ferreira, 1999).

Quando estudamos o conceito básico de *controle*, na cibernética, há a necessidade de se compreender as idéias correlatas de homeostase e realimentação (feedback) negativa (Wiener, 1970, p. 130-152).

Um sistema é *homeostático* se ele é capaz de manter algumas de suas variáveis dentro de certos limites especificáveis. Por exemplo, um termostato mantém a temperatura de um aposento dentro de limites especificáveis, não permitindo que este fique quente demais ou frio demais.

A *realimentação negativa* pode ser usada por um sistema no esforço de manter a homeostase. Wiener (1970, p. 132) caracteriza a realimentação negativa em termos de um sistema, cujo valor de saída é reintroduzido em uma direção negativa com o intuito de controlar este sistema. Se a saída se desvia de uma certa quantidade exigida, a própria saída tende a conduzir o sistema retroativamente para produzir a saída exigida. Ashby (1970, p. 63) afirma que se isto realmente acontecer em um sistema, então há nele realimentação (*feedback*). Podemos exemplificar homeostase ao examinarmos a seguinte situação: com um termostato, o calor no aposento pode ser usado para atuar sobre uma chave que desliga o seu mecanismo de aquecimento. O aquecimento recomeça automaticamente quando o calor no recinto já não é mais suficiente para manter a chave desligada.

Podemos representar visualmente o processo de realimentação em um sistema na figura 1.

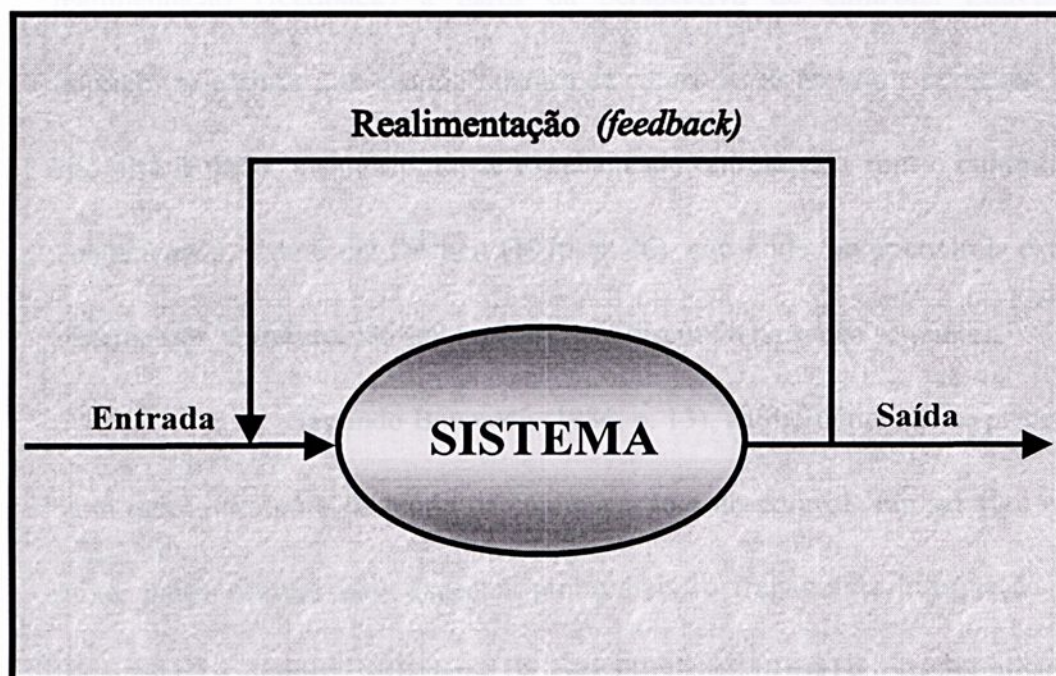


Figura 1. Representação diagramática de realimentação de um sistema.

Ainda que o ser vivo, conforme ressaltamos anteriormente, não desempenhe um papel de destaque na cibernética, há autores como Rapp (1970, p. 88) que ao falar da importância do *feedback* afirma que: “...diríamos que, quando o primeiro processo de *feedback* foi construído pela evolução, começou a vida.”. Comungando com esta linha de pensamento, podemos dizer que também, no organismo vivo, uma das características fundamentais é a capacidade de auto-regulação, de realimentação, manifestada na complexidade de organização dos elementos dos seus componentes.

Nos últimos parágrafos tratamos das noções de homeostase e

realimentação (feedback) a partir da perspectiva de *controle*. Entretanto, devemos lembrar que quando falamos de *controle*, no âmbito cibernético, este não está isolado, mas encontra-se estreitamente entrelaçado com o conceito de *comunicação*. Como diz Dechert (1970, p. 26), não pode haver controle em um sistema sem comunicação (tal hipótese será discutida na seção seguinte).

Segundo Bennaton (1986, p. 13), a cibernética, ao se preocupar com todo o domínio da teoria da comunicação e do controle em ser vivo e não vivo, pinça sempre dois aspectos primordiais: o trânsito da informação e os esquemas de controle existentes. Wiener (1993, p. 17) relata que as ordens de comando, através das quais exercemos controle sobre nosso meio ambiente, constituem uma espécie de informação que transmitimos a esse meio.

Assim, ao verificarmos os argumentos desses pesquisadores notamos que *controle e comunicação* estão estritamente imbricadas, onde o controle envolve a comunicação da informação. A informação, operacionalmente, é o que pode influenciar ou influencia o comportamento de outro. Na seção seguinte, analisaremos o conceito de informação, dada à importância que a mesma tem na cibernética para se chegar às atuais máquinas de processamento de informação.

SEÇÃO 2 - Informação, controle e máquinas

Para autores como Wiener (1970 e 1993), Dechert (1970), Ruyer (1972) e Azevedo (1972 e 1971), entre outros, a informação⁶ é um dos elementos centrais na construção da cibernética. Ela é transmitida em forma de mensagem, estabelecendo-se uma comunicação entre emissor e receptor, isto é, como uma configuração de elementos de sinalização conduzidos por um meio atual ou potencial para o receptor.

Sem comunicação não pode haver controle em um sistema. Assim, podemos perguntar: o que comunicamos? Diríamos, então, comungando com Pignatari (1968, p. 17), que comunicamos *informação*. Por conseguinte, aí está a grande importância da informação, no âmbito cibernético, como um dos elementos fundamentais para que possa haver comunicação.

Segundo Pereira Jr. & Gonzalez (1995, p. 256) conceituar informação é uma tarefa difícil. Da mesma maneira pensa Silva (1996, p. 105), pois, conforme suas palavras:

⁶ Podemos etimologicamente sintetizar informação, segundo Ferreira (1999) e Nascentes (1955), da seguinte maneira: o português: *informação*, do século XVI; espanhol *información*, de 1394; italiano: *informazione*, do século XIV; francês *information*, do século XIII; inglês: *information*, de 1387, empréstimo ao francês; alemão: *information*, do século XV; o latim: *informatio*, -onis, 'ação de formar, formação, plano, esboço', do verbo latino *informare*, 'dar forma a, esboçar, delinear'. No sentido de teoria da informação o vocábulo é do século XX e significa: a disciplina que estuda as mensagens emitidas por seres vivos ou mecânicos. A teoria da informação surge como uma teoria estatística e matemática, que se originou nas áreas da telegrafia e da telefonia, com as pesquisas dos matemáticos norte-americanos Claude Elwood Shannon (1916) e Warren Weaver (1894) para a Bell Telephone Company. Essas pesquisas vão interessar posteriormente à cibernética, como estudo da troca de informação em um organismo vivo ou mecânico, e aos setores onde há interesse na mecanização da informação: televisão, rádio etc.

A noção de informação tem uma tal diversidade de usos em domínios tão desconexos que chega a ser um pouco temerário afirmar que há apenas um conceito de informação. ... Talvez exista uma noção de informação física, objetiva, e uma noção de informação subjetiva, relativa a um observador privilegiado, uma noção, respectivamente, forte e uma fraca de informação. ... seria a informação tratável à maneira de uma observação física como a energia ou, antes, não teria sentido senão relativamente a uma perspectiva singularizada dos eventos no mundo? Ou ainda, seria o conceito de informação um conceito primitivo ou um conceito derivado?

No mesmo contexto, Gonzalez (1994, p. 127), relatando o pensamento de Küppers, sugere que o conceito de informação ainda escapa ao nosso entendimento contemporâneo:

... o entendimento da noção de informação talvez tenha que ser deixado para o futuro. Assim como o homem da idade do bronze e do ferro, lidavam com estes elementos, mas não dispunham de estruturas conceituais apropriadas para defini-los, também nós, habitantes da era da informação, teremos que aguardar o desenvolvimento das ciências para podermos ir além das metáforas na descrição deste conceito.

Dentre as inúmeras tentativas de definir o conceito de informação, podemos citar a definição proposta em Ferreira (1999) quando o mesmo define informação, no senso comum, como: *“Ato ou efeito de informar(-se); informe. Dados acerca de alguém ou de algo. Conhecimento, participação. Comunicação ou notícia trazida ao conhecimento de uma pessoa ou do público. Instrução, direção”*.

Uma outra caracterização de informação é proposta por Gonzalez (1995, p. 255) no domínio da comunicação humana:

... a uma dada informação estaria necessariamente associado um *significado*, ou seja, o emissor transmitiria uma informação com a *intenção* de que o receptor a interpretasse de uma maneira *convencionada*.

Nesse mesmo contexto, Ruyer (1972, p. 3) caracteriza a informação como:

... a transmissão a um ser consciente de uma significação, de uma noção, por meio de uma mensagem mais ou menos convencional e com base em um suporte espaço-temporal.

Outra tentativa de caracterizar informação é realizada por Wiener (1993, p. 17):

Informação é o termo que designa o conteúdo daquilo que permutamos com o mundo exterior ao ajustar-nos a ele, e que faz com que nosso ajustamento seja nele percebido. O processo de receber e utilizar informação é o processo de nosso ajuste às contingências do meio ambiente e de nosso efetivo viver nesse meio ambiente.

Finalmente, Shannon e Weaver (1949) propõem uma abordagem, radicalmente distinta da informação, que não leva em conta a noção de significado, conhecida como Teoria Matemática da Comunicação (MTC). Em sua origem matemática, com aplicações na engenharia e na telefonia, a MTC não está preocupada com os aspectos semânticos⁷ que envolvem a informação. Segundo Azevedo (1970, p. 24), ela se refere sempre à quantidade de informação

⁷ Quando falamos dos aspectos semânticos estamos nos referindo ao estudo da relação de *significação* nos signos e da representação do sentido dos enunciados.

e não à sua qualidade ou ao seu conteúdo e significado.

Verificamos tal posicionamento nos trabalhos de Shannon & Weaver (1949, p. 31) quando os mesmos dizem:

Estes aspectos semânticos de comunicação são irrelevantes para o problema de engenharia. O aspecto signifiicante é que a mensagem atual é selecionada de um conjunto de possíveis mensagens. O sistema deve ser projetado para operar para cada possível seleção ...

Segundo Ruyer (1972, p. 3), a cibernética, da mesma maneira que a MTC, adota rigorosamente o mesmo ponto de vista, ou seja, *“o sentido, a consciência na informação, nada tem de essencial; ou para sermos mais exatos, o sentido de uma informação não é mais que o conjunto de ações que ela desencadeia e controla”*.

Podemos dizer, conforme Pignatari (1968, p. 17-18) e Azevedo (1971, p. 73-78) que a MTC, em suas origens, surge como uma teoria estatística e matemática, que se preocupa apenas com os sinais em si, sem qualquer referência à questão de significado. É uma teoria desenvolvida exclusivamente no plano sintático da comunicação, preocupando-se apenas com a forma das mensagens, e a quantidade de informação que tais mensagens transmitem.

Shannon & Weaver (1949, p. 6) caracterizam a informação em termos de transmissão de mensagens destituídas de significado. Uma mensagem é um grupo finito e ordenado de elementos, que se extraem de um repertório de sinais e se organizam em uma determinada estrutura.

No caso da situação comunicativa humana, a transferência dessas mensagens deve respeitar limites determinados *a priori*, como, por exemplo, os limites dentro dos quais o sistema sensorial do ser humano reage às excitações físicas. Nesse caso, as vibrações sonoras são percebidas pelo ouvido só dentro de uma determinada faixa de frequência (16 a 15.000/16.000 p/s, com variações individuais). Os elementos de um repertório se definem pelas propriedades do receptor e pela quantidade de informação de um determinado tipo que o destinatário está apto a receber;

Para que as mensagens possam ser transmitidas e para que a informação chegue ao seu destino, é necessário, segundo Shannon & Weaver (1949, p. 7), um sistema de comunicação que contenha os seguintes elementos:

a) *Fonte de Informação*: é o elemento que produz um conjunto de mensagens para serem comunicadas a um destino em particular. A seleção da mensagem é feita a partir de um conjunto de possíveis mensagens. Ela pode ser composta por sons, imagens, palavras etc.;

b) *Transmissor*: é o elemento que codifica a mensagem original produzida pela fonte e emite os sinais codificados de modo que possam ser transmitidos através de um canal;

c) *Canal*: qualquer mensagem, para ser transmitida, necessita de um canal, um suporte material dentro do sistema de comunicação, que transporta o sinal a partir do emissor até um receptor.

Há canais naturais (visão, audição etc.) que estão em estreita relação com os órgãos dos sentidos e o receptor (por exemplo, o homem) é um organismo, e há canais artificiais ou técnicos, nos quais o receptor é um mecanismo, uma máquina.

A informação pode ser perpetuada e distorcida, durante a transmissão, por outra fonte, chamada 'fonte de ruído'. Segundo Azevedo (1971, p. 82):

[uma] mensagem que é transmitida nunca conseguirá atingir-nos sem alguma distorção ou perturbação. Vem ela sempre acompanhada de sinais indesejáveis, ou na imperceptibilidade de certas partes desejáveis da mensagem, ou da articulação inadequada de partes percebidas todas elas, mas não corretamente estruturadas.

Assim sendo, o ruído é um distúrbio que se insere no canal, podendo alterar a estrutura do sinal. Segundo Atlan (1992, p. 39), em sistemas fechados, o ruído produz necessariamente erros; entretanto, em sistemas abertos, o ruído, ao produzir distúrbios, leva-os ao que Atlan chama de *organização a partir do ruído*.

Podemos verificar tal idéia na seguinte passagem de Atlan (1992, p. 51):

... a partir do momento em que o sistema é capaz de reagir a esses erros, de modo não apenas a não desaparecer, mas também a modificar a si mesmo num sentido que lhe seja benéfico, ou que, no mínimo, preserve sua sobrevivência posterior; em outras palavras, a partir do momento em que o sistema é capaz de integrar esses erros em sua própria

organização, eles então perdem um pouco, a *posteriori*, seu caráter de erros. Preservam-no apenas de um ponto de vista externo ao sistema, no sentido de que, como efeito do ambiente sobre este, eles mesmos não correspondem a nenhum programa preestabelecido, contido no ambiente e destinado à organizar ou desorganizar o sistema. Ao contrário, de um ponto de vista interno, na medida em que a organização consiste precisamente numa seqüência de desorganizações resgatadas, eles só aparecem como erros no instante exato de sua ocorrência e em relação a uma manutenção, que seria tão nefasta quanto imaginária, de um *statu quo* do sistema organizado, que imaginamos tão logo uma descrição estática dele nos possa ser dada. Caso contrário, e depois desse instante, eles são integrados e recuperados como fatores de organização.

Na passagem acima, podemos constatar a grande influência que tem o ruído em um sistema de comunicação, podendo esse ser prejudicial, se o sistema for fechado, ou ser benéfico, se o sistema for aberto.

d) *Receptor*: no sistema de comunicação é aquele elemento que recebe os sinais transmitidos, decodificando-os de forma a recuperar, se possível, a mensagem original produzida para atingir um destinatário, ou seja, é aquele que exerce a operação reversa à do transmissor.

e) *Destino*: é o elemento que se deseja alcançar com a mensagem. Esse pode ser uma pessoa ou uma outra entidade.

Os elementos que compõem um sistema de comunicação, que foram expostos nos parágrafos anteriores, podem ser figurativamente visualizados na figura 2.

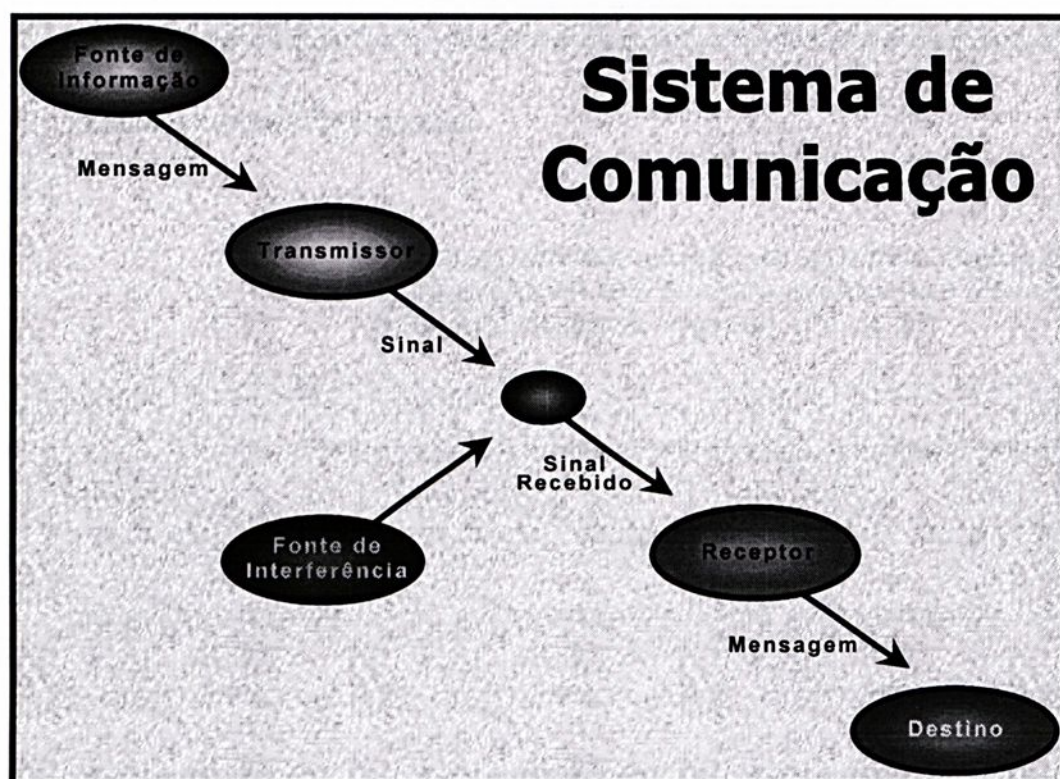


Figura 2. Figura representacional de um sistema de comunicação inspirado nas idéias de Shannon & Weaver (1949, p. 7).

Como dissemos, Shannon & Weaver (1949) em sua MTC referem-se sempre à quantidade de informação e não à sua qualidade, ou ao seu conteúdo e significado. Desvinculando, assim, a informação da noção de significado, eles associaram informação ao grau de liberdade de escolha para selecionar uma mensagem, ou seja, para Shannon & Weaver (1949, p. 31), a informação não está relacionada a uma mensagem significativa em particular, mas, sim, à situação em que existe a probabilidade de selecionar mensagens. À quantidade de informação mais elementar que é considerada como unidade básica, ou medida unitária de informação, eles denominaram *bit* (*binary digit*).

Podemos exemplificar uma situação simples de comunicação dessa unidade de informação da seguinte maneira:

A escolha mais simples entre duas possibilidades iguais é a alternativa *sim/não*. [Como:] o *cara/coroa* e o comutador de luz *ligado/desligado*. (Pignatari, 1967, p. 51)

Nesses exemplos, diríamos que os elementos como *cara/coroa* podem ser vistos, simbolicamente, como duas alternativas de escolha de informação. O número de alternativas de escolha de mensagens, segundo Shannon & Weaver (1949, p. 31), reflete o grau de liberdade dessa escolha, numa certa situação. Para eles, quanto maior for a quantidade de situações de escolha possíveis, num certo contexto, maior será a nossa liberdade para escolher alternativas. No exemplo da moeda, que possui *cara/coroa*, temos a probabilidade $\frac{1}{2}$ para cada face da moeda.

Quando lidamos com uma maior quantidade de elementos, como no caso em que temos que selecionar um elemento entre oito, ao descobrirmos qual das ocorrências verificou-se, obtemos uma quantidade de informação igual a 3. Podemos visualizar tal situação na figura 3.

A figura 3 nos mostra um mecanismo de escolha com *oito* possibilidades iniciais que, numa primeira seleção, ficam reduzidas a *quatro*, desde que sejam de igual probabilidade. Numa segunda escolha, tais possibilidades ficam reduzidas a *duas*, que definem a *informação final* numa terceira escolha. Portanto, efetuando eliminações binárias, tivemos *três* escolhas

ou seleções a fazer, o que nos dá uma quantidade de informação transmitida igual a 3 bits.

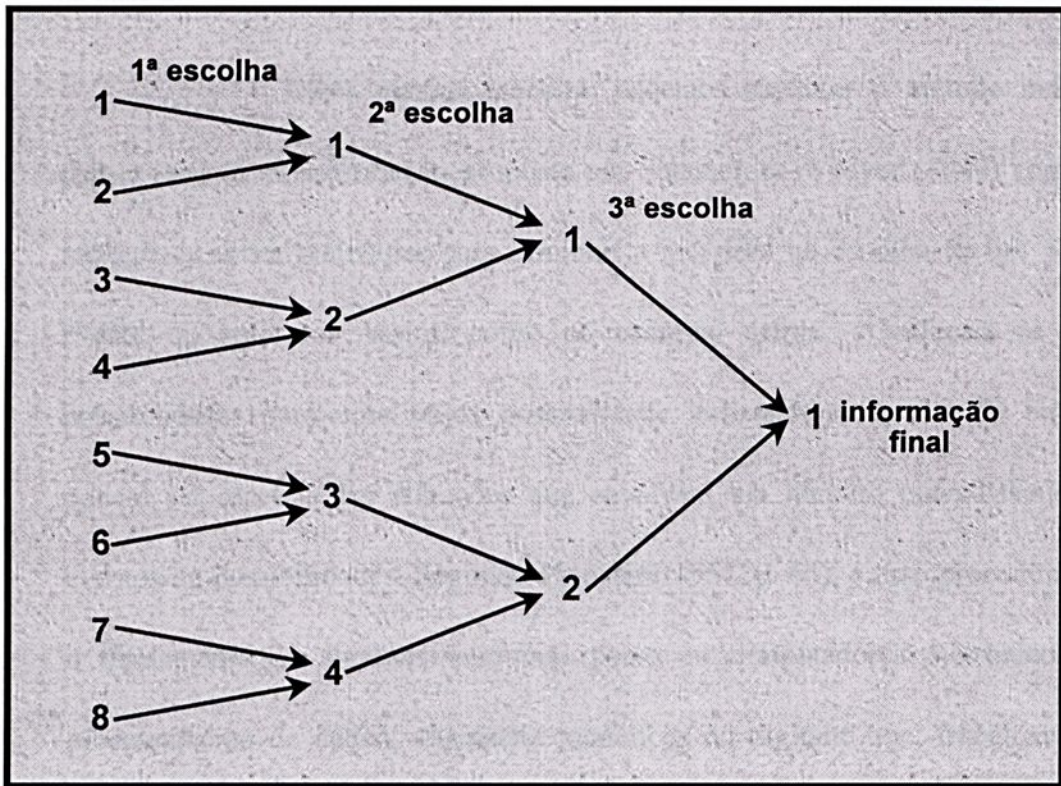


Figura 3. Figura representacional de um esquema de escolha com oito possibilidades iniciais.

Assim, se nos apossarmos da forma matemática de Shannon & Weaver (1949, p. 31) segundo o qual:

$$I = n \cdot \log_2 p$$

(I equivale à quantidade de informação; n equivale ao número de escolhas; p equivale ao número de símbolos a serem escolhidos)

teríamos no nosso exemplo o seguinte resultado:

$$I = \log_2 8$$

ou seja, o valor da quantidade informação transmitida é igual ao logaritmo⁸ de 8 na base 2.

Desta mesma maneira, podemos entender o método binário para a medida de informação proposta por Shannon & Weaver (1949) como o número de ações realizadas para diminuir a incerteza na escolha de um único evento ou situação. Assim, como no exemplo acima, a redução de oito possibilidades para uma única possibilidade utilizando-se o método binário poderá ser repetida em situações que envolvem um número elevadíssimo de eventos ou possibilidades. Segundo Pignatari (1967, p. 65), é esse procedimento o fundamento de algumas máquinas como os computadores eletrônicos de processamento de dados, chamados numéricos ou digitais, que, trabalhando a velocidades altíssimas, têm capacidade de seleção imensa, relativamente a números elevadíssimos de dados.

Com o avanço e desenvolvimento da MTC as máquinas cibernéticas progrediram concomitantemente, passando de simples máquinas para máquinas mais sofisticadas que utilizam a informação como mola

⁸ Segundo Ferreira (1999) etimologicamente logaritmo vem do lat. cient. *logarithmu*, voc. criado, em 1614, pelo escocês John Napier (1550-1617), em 1614, a partir dos t. gr. *lógos*, 'cálculo', 'razão', e *arithmós*, 'número'. S. m. mat. que significa: expoente a que se deve elevar um número constante para se obter outro número.

Assim, em nosso exemplo o logaritmo (expoente) 3 é a que deve ser elevada a base (igual a 2), para se ter o número (igual a 8):

$$2^3 = 8$$

propulsora para o controle de situações. As características de tais máquinas são diferentes daquelas do século XVIII e XIX, como, por exemplo, o relógio, que transforma a energia de uma mola em movimento, e a máquina a vapor que transforma a energia química em energia cinética. A peculiaridade das máquinas atuais é a informação (Wiener, 1970, p. 66-72). Wiener denomina tais máquinas de *máquinas de informação*.

Ruyer (1972, p. 2-3) ressalta que o desenvolvimento das máquinas realmente automáticas, que podem se auto-controlar, tendo como fundamento a informação, já era comentado em 1870, em *Erewhon*:

Até o momento, as máquinas recebem suas impressões através do homem e por meio dos seus sentidos. Uma locomotiva em marcha lança um grito agudo de alarme a uma outra locomotiva e esta imediatamente a deixa passar, mas foi por meio do ouvido do maquinista que uma agiu sobre a outra. Sem o maquinista, a máquina chamada teria ficado surda ao grito da outra que a chamava. Houve um tempo em que teria parecido bem pouco provável que as máquinas pudessem aprender a dar a conhecer suas necessidades por meio de sons, mesmo tendo como intermediário o ouvido do homem. Não poderíamos, a partir daí, imaginar que chegará um dia em que elas não terão mais necessidade desse ouvido e que ouvirão graças à sensibilidade de sua própria organização?

Máquinas que executam atos peculiares à mente humana, que exibem um comportamento similar ao dos seres vivos, têm suscitado os mais significativos debates em cibernética.

Tentando explicar as atividades das máquinas como feitas à semelhança das atividades da mente humana, a cibernética recorre à biologia, psicologia, filosofia, engenharia e computação, entre outras, para aprimorar suas

teorias de controle.

O procedimento de comparação e simulação das estruturas vivas, em geral, e, em particular, as humanas, através de máquinas construídas pelo homem, é algo que vem sendo feito gradativamente na história da humanidade. Assim, como ressalta Azevedo (1972, p. 18), desde Arquimedes, o braço humano já estava sendo assimilado a uma alavanca; desde que se verificou que o sangue circulava, que o coração humano era assimilado a uma bomba.

Ruyer (1972, p. 15) aponta que a prática da fotografia permitiu que se compreendesse melhor o mecanismo da visão; foi a técnica das sondagens por ultra-sons que atraiu a atenção sobre a exploração auditiva dos obstáculos feita pelos morcegos. Diríamos que, com o aprimoramento e desenvolvimento das máquinas que simulam as atividades dos seres vivos, há concomitantemente um progresso e elaboração de teorias acerca do ser vivo.

Atualmente, pesquisadores na área da ciência cognitiva desenvolvem teorias e processos cibernéticos para a elaboração de modelos mecânicos que simulam comportamentos e atividades de seres inteligentes.

Questões teóricas de simulação do comportamento do ser vivo como: a natureza da memória, aprendizagem, locomoção, auto-organização, são questões, entre outras, que intrigam e impulsionam muitos pesquisadores. Dentre estas várias questões aquela que nos interessa, em particular, pesquisar é a da auto-organização. Assim, na próxima seção, vislumbraremos o paradigma da auto-organização como oferecendo-nos uma nova maneira e um novo estilo de

pensamento no processo cognitivo.

SEÇÃO 3 - O paradigma da auto-organização

O desenvolvimento das teorias da informação, da organização, dos sistemas complexos e dinâmicos aplicados às áreas das ciências físicas, biológicas, matemáticas e humanas, tem incentivado reflexões sobre as noções de ordem/desordem e, respectivamente, organização/desorganização. Tais reflexões estão presentes nas idéias de vários pesquisadores, dentre eles Dupuy (1996), Atlan (1992), Morin (1996, 1977), Gonzalez (1998, 1996, 1991), Pellegrini (1996) e Gardner (1996). As idéias desses autores suscitam progressos e avanços de clássicas oposições teóricas.

Atualmente surgiram modelos de descrição e explicação do comportamento que, dependendo dos casos, combinam e/ou ultrapassam mecanicismo e finalismo, reducionismo e globalismo. Tais modelos embrenham-se nas áreas de ciências exatas, da natureza e mesmo nas ciências humanas e artes, em particular, na sociologia, lingüística, economia e administração.

Dentre os pesquisadores atuais podemos citar, como exemplo de propagadores desse novo paradigma, Morin. Este ressalta a necessidade de se ter uma “*binocularidade mental*” para termos uma visão de organização em fenômenos que ora parecem que estão em uma ordem imperturbada, repetindo-se

impecavelmente, ao longo dos séculos; ora parecem estar em evolução e revolução, talvez por obra do acaso, mutação ocasional, acidentes, dentre outros (Morin, 1996, p. 195).

Essa idéia de Morin, que nos alerta para uma *binocularidade mental*, parece ser a mesma de Eco (1969, p. 107), quando o mesmo nos diz que:

Ordem e desordem são conceitos relativos; somos ordenados em relação a uma desordem anterior e desordenados em relação a uma ordem posterior, exatamente como somos jovens em relação a nossos pais e velhos em relação a nossos filhos, libertinos em relação a um sistema de regras morais e moralistas em relação a outro sistema mais dúctil.

Assim, argumenta Morin (1996, p. 196): tanto no domínio do conhecimento do mundo natural como no do histórico ou social, podemos cambiá-los ora para uma visão de ordem ora para uma visão de desordem. Por conseguinte, ele nos alerta para a necessidade de uma nova análise da realidade, ou seja, uma análise cognitiva binocular dos fenômenos, onde pensamos ordem e desordem conjuntamente para concebermos a organização e evolução dos fenômenos. Podemos verificar tal idéia de Morin na seguinte passagem:

A necessidade de pensar conjuntamente, em sua complementaridade, sua concorrência e seu antagonismo, as noções de ordem e desordem, levantam exatamente a questão de pensar a complexidade da realidade física, biológica e humana. (Morin, 1996, p. 197)

Essa necessidade, para Morin, de considerar conjuntamente

ordem e desordem numa visão dinâmica de organização dos fenômenos é essencial. Pois, ordem e desordem possuem em si definições contrárias; podemos exemplificar dizendo que a ordem levaria a um refletir livre da incerteza e a desordem introduziria a incerteza. Por conseguinte, segundo Morin, tanto em um extremo (ordem) como no outro (desordem) teríamos um universo mutilado:

... um universo estritamente determinista, que fosse apenas ordem, seria um universo sem devir, sem inovação, sem criação; um universo que fosse apenas desordem, entretanto, não conseguiria constituir organização, sendo, portanto, incapaz de conservar a novidade e, por conseguinte, a evolução e o desenvolvimento. Um mundo absolutamente determinado, tanto quanto um completamente aleatório, é pobre e mutilado; o primeiro incapaz de evoluir e o segundo de nascer. (Morin, 1996, p. 202)

A concepção de um mundo naturalmente ordenado e organizado, onde todos estão submetidos às leis, parece estar sendo substituída por outro enfoque, em que a ordem/organização é vista, cada vez mais, como constituída de fenômenos de auto-produção, auto-regulação, auto-desenvolvimento, etc.. Tal enfoque nos permite visualizar um paradigma diferente ao anterior.

Anteriormente a ênfase dos cientistas e filósofos situava-se na identificação da ordem/organização à existência de leis do universo, ou seja, como algo pré-estabelecido. Nessa visão, não havia muito que dizer sobre a ordem/organização além de constatá-la, pois havia leis deterministas ou estatísticas em toda a parte; não se podia conceder lugar à noção de

desordem/desorganização, a não ser em campos específicos do saber estatístico probabilístico.

O paradigma atual, no entanto, torna a existência da ordem/organização estática como algo problemático, passando a valorizar o ruído ou a desordem.

No que diz respeito ao uso das noções de ordem/desordem e organização/desorganização, atualmente parece haver certa aproximação entre as mais diversas disciplinas científicas. De modo geral, cientistas e pesquisadores como Morin (1996) e Atlan (1992) admitem que as idéias de ordem/desordem e organização/desorganização implicam uma certa hierarquia entre os fenômenos de uma mesma área. Contudo, rejeitam simultaneamente a concepção de ordem/organização como sendo um 'dever-ser', uma exigência que a natureza ou a sociedade teria que cumprir. É nesse âmbito de reflexão que discorreremos sobre o paradigma da auto-organização, como uma nova maneira e um novo estilo de pensamento. Particularmente, centrar-nos-emos no estudo das idéias de dois grandes pesquisadores: Debrun e Ashby.

Em resumo, apresentamos neste capítulo um breve histórico da cibernética, ressaltando que o *feedback* é primordial para o desenvolvimento de seres vivos e não vivos. Além do *feedback*, vimos que a noção de *informação* é fundamental em cibernética para se desenvolver máquinas atuais, que são essencialmente máquinas de processar informação. Das várias abordagens teóricas sobre a simulação do comportamento do ser vivo em máquinas

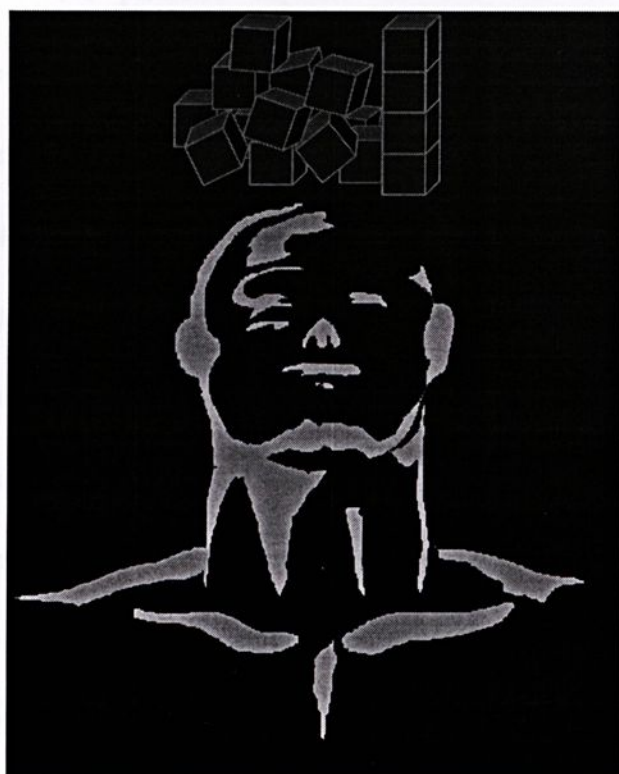
cibernéticas (que processam informação), envolvendo a natureza da memória, aprendizagem, locomoção e auto-organização, aquela que nos interessa é da auto-organização. Esta se apresenta como uma nova abordagem no tratamento do pensamento, segundo o qual a existência de leis do universo não se deve a algo pré-estabelecido. É neste sentido que situamos a auto-organização como um novo paradigma. No próximo capítulo alicerçaremos os conceitos de auto-organização e discorreremos sobre a aplicação dos mesmos na ciência cognitiva, em particular, nas vertentes IA e RNA.

APLICAÇÃO DA TEORIA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO NA CIÊNCIA COGNITIVA

CAPÍTULO 2

APLICAÇÃO DA TEORIA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO NA CIÊNCIA COGNITIVA

*Um professor organizado da natureza
é aquele em quem não se
deixa levar pelo fluxo do mundo.
Ele é o mestre da auto-organização.*



Um produto organizado da natureza é aquele no qual tudo é ao mesmo tempo fim e meio.

Kant (Crítica da Faculdade de Julgar)

INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo fizemos um breve apanhado sobre cibernética e suas conseqüências. Os jovens intelectuais que se reuniam em intervalos regulares tinham como ambição edificar uma ciência geral do funcionamento do comportamento auto-regulador, como vimos anteriormente, escolheram o nome dessa ciência de 'cibernética'. Dupuy (1996, p. 9) argumenta que tal nome 'saiu de moda' e nos últimos anos a expressão que vigora é 'ciência cognitiva' ou, às vezes, 'ciência da cognição' (cognitive science, em inglês). No entanto, Dupuy finaliza seu comentário dizendo que os cientistas cognitivos têm vergonha de seu antepassado cibernético e dá, dentre outras, como justificativa dessa possível vergonha, a ligação inicial da cibernética com a guerra.

As origens intelectuais da ciência cognitiva são de meados da década de 50. Segundo Gardner (1996, p. 43), apesar de não se ter uma data precisa, ela foi oficialmente reconhecida por volta de 1956, embora os primórdios filosóficos desta ciência possam ser encontrados, lá nos antigos debates gregos concernentes à natureza do conhecimento humano.

Gonzalez (1991, p. 94) comenta que esta jovem área do conhecimento, denominada *ciência cognitiva*, é uma área interdisciplinar que engloba filosofia, psicologia, física, inteligência artificial, neurociência, lingüística e antropologia, entre outras.

Podemos definir a ciência cognitiva como:

... um esforço contemporâneo, com fundamentação empírica, para responder questões epistemológicas de longa data – principalmente aquelas relativas à natureza do conhecimento, seus componentes, suas origens, seu desenvolvimento e seu emprego. (Gardner, 1996, p. 19)

A ciência cognitiva em seu estudo sobre a natureza dos estados mentais responsáveis pelo comportamento inteligente nos fornece duas tendências centrais, uma denominada de *Inteligência Artificial* (do inglês, Artificial Intelligence) e a outra de *Conexionismo*, também conhecida como PDP (Parallel Distributed Processing), Processamento em Paralelo de Informação Distribuída, ou Redes Neurais Artificiais (Artificial Neural Networks). Neste trabalho abreviaremos a primeira tendência pela sigla IA (Inteligência Artificial) e, a segunda, de RNA (Redes Neurais Artificiais).

Para estudarmos a aplicação da TAO na ciência cognitiva em suas duas tendências centrais (IA e RNA), procedemos da seguinte maneira: na seção 1, conceituamos a auto-organização em seus processos de auto-organização primária e auto-organização secundária; na seção 2, investigamos se é possível encontrar alguma aplicação da auto-organização na IA e por fim, na seção 3, discorreremos sobre RNA e a aplicação da auto-organização nesta.

SEÇÃO 1 - Hipóteses centrais da Teoria da Auto-organização

Segundo Dupuy (1996, p. 72-73), a cibernética fecundou vários ramos das ciências. Dentre eles, nos ateremos àquele denominado de segunda cibernética, que teve como expoentes Ashby e von Hayek. A partir dessa corrente de pesquisa, que historicamente aconteceu por volta dos anos 60 e 70 e foi fruto da mãe cibernética, desenvolveram-se os 'sistemas de auto-organização'.

Apesar de Wiener ter lançado a idéia de sistemas auto-organizados em seu livro *Cibernética*, foi Ashby, segundo Gardner (1996, p. 40-41), quem procurou explicar a atividade mental humana de uma maneira mecanicista, envolvendo princípios de auto-organização. Ele empregou métodos axiomáticos, lógicos, através dos quais pode projetar uma máquina capaz de exibir comportamento adaptativo envolvendo aprendizagem.

Ashby foi médico e matemático; talvez pelos conhecimentos nessas áreas tenha desenvolvido suas pesquisas na tentativa de simular o cérebro vivo. Tal ensejo pode ser percebido na seguinte passagem:

Meu objetivo é simplesmente copiar o cérebro vivo. Em particular se o cérebro vivo falhar de certas maneiras características, então quero que o meu cérebro artificial também falhe. Tentei deduzir o que é necessário, que propriedades o sistema nervoso deve ter para se comportar ao mesmo tempo de forma mecanicista e adaptativa. (Ashby, 1952, p. V, 130)

Em seu artigo, denominado ‘Principles of the Self-Organizing System’, Ashby (1970) estabeleceu uma lei dos sistemas de regulação que chamou de *lei da variedade indispensável*.⁹

A lei de variedade indispensável de Ashby (1970, p. 243-251) nos dá a grande chave para o entendimento do processo de auto-organização. Ela mostra a maneira que um organismo pode efetuar uma transição da instabilidade à estabilidade. Por conseguinte, aumenta a possibilidade desse organismo de sobreviver, ou melhor, ela mostra as condições estruturais mínimas necessárias à sobrevivência de qualquer sistema exposto a um meio ambiente, fonte de agressões e perturbações aleatórias.

As idéias de Ashby serviram de estímulo para muitos estudiosos, dentre eles destacaremos Debrun. Este conceitualiza o termo auto-organização e subdivide-o para um melhor entendimento. Tal processo veremos adiante.

Primeiramente, ao embrenharmos no âmbito de fenômenos e processos que se auto organizam, é conveniente fazermos alguns comentários a

⁹ A “lei da variedade indispensável” proposta por Ashby (1970) pode ser resumidamente expressa da seguinte maneira como nos apresenta Atlan (1992, p. 39): Tomemos um sistema exposto a um certo número de diferentes perturbações possíveis. Ele tem a sua disposição um certo número de respostas. Cada seqüência de perturbações-respostas coloca o sistema em determinado estado. Dentre todos os estados possíveis, apenas alguns são ‘aceitáveis’ do ponto de vista da finalidade (ao menos aparente) dos sistemas, que pode ser sua simples sobrevivência ou a realização de uma função. A regulação consiste em escolher, dentre as respostas possíveis, as que coloquem o sistema num estado aceitável. A lei de Ashby estabelece uma relação entre a variedade das perturbações, a das respostas e a dos estados aceitáveis. A variedade das respostas dispensáveis deve ser tão maior quanto for a das perturbações e quanto menor for a dos estados aceitáveis. Em outras palavras, uma grande variedade nas respostas disponíveis é indispensável para assegurar uma regulação de um sistema que vise mantê-lo num número muito limitado de estados, embora ele seja submetido a uma grande variedade de agressões. Ou ainda, num ambiente que seja fonte de diversas agressões imprevisíveis, a variedade na estrutura e nas funções do sistema é um fator indispensável de autonomia.

respeito do termo “auto-organização” pois, segundo Debrun (1994, p. 1) devemos nos ater a duas condições balizadoras ao quisermos referir a uma pretensa definição de auto-organização:

1ª) Nenhuma definição deve se afastar em demasia do (ou dos) sentido(s) que o senso comum empresta, embora de modo confuso, a ‘auto’ e ‘organização’. Do contrário, o uso da palavra ‘auto-organização’ afigurar-se-ia gratuito, arbitrário. Trata-se, em suma, de explicitar e transformar em noção coerente um ou outro desses sentidos intuitivos pelo senso comum, com vista à sua aplicação a determinada(s) categoria(s) de fenômenos.

2ª) Essa aplicação, por sua vez, deve ser tal que ela não se limite a ‘rebatizar’ certos fenômenos, dando-lhes novo nome para acompanhar a moda. Ela deve permitir enriquecer ou transformar tanto a descrição como a explicação deles. Quando isso não se revela possível, é melhor não falar em auto-organização a respeito desses fenômenos. (Debrun, 1994, p. 1)

Debrun (1996a) nos alerta que a idéia de auto-organização paira e está entre o termo ‘organização’ e entre o que compreendemos sobre o prefixo ‘auto’. Comungando com Debrun, nos deteremos inicialmente no estudo das partes em separado do termo ‘auto-organização’ para, posteriormente, prosseguirmos o estudo do mesmo em seu todo.

O processo de auto-organização é *auto*¹⁰, etimologicamente

¹⁰ Etimologicamente, segundo Nascentes (1955, p.53) e Machado (1952, p.283-84), o prefixo auto vem do lat. *actus*, ‘feito, obrado’, particípio passado do verbo lat. *agere*, ‘obrar, agir’, é representado em espanhol por um empréstimo erudito, *acto*, ‘ato, parte de uma ação, de meados do séc. XV, e pelo vocábulo semi-erudito *auto*, ‘ação judicial, composição dramática de caráter bíblico ou alegórico, de c. 1300. Nessa língua, por vezes *acto* vem sendo, desde cedo, empregado por *auto*. A situação em português do lat. *actus* é inteiramente comparável com a em espanhol, pois encerra os divergentes erudito *ato* (*acto*) e o semi-erudito *auto*, com coincidência semântica e de cronologia. O fr. *act* e it. *Atto* cobrem a área semântica aqui considerada, salvo quando à especificação de ‘auto sacramental’, quando nessas línguas, em estudos literários, se usa de *auto* como hispano-lusitanismo.

encontramos em Cunha (1986, p. 84) o significado deste prefixo como “*elemento de composição, do grego auto-, de autós ‘de si mesmo’, ‘por si mesmo’, ‘espontaneamente’*”, por conseguinte, o significado ‘de si mesmo’ ou ‘por si mesmo’ em português parece pressupor um “si” existente: Assim sendo, Debrun (1996a, p. 6) segue nessa linha de definição quando argumenta que o processo de auto-organização é ‘auto’, pois é, ‘ele mesmo’, parcialmente autônomo em relação às suas condições de partida, onde algumas dessas condições de partida permitem que o processo alce vôo próprio ultrapassando tais condições iniciais a partir delas próprias dando condição ao processo de desenvolvimento próprio. Segundo Debrun (1996a, p. 7), essa autonomia é importante na constituição de uma forma auto-organizada, pois, essa forma não é a resultante passiva do processo, mas, requer um ajuste organizacional com uma identidade que reproduz, de certo modo, em relação ao processo em conjunto, a autonomia deste em relação às condições de partida.

Continuando a explanação da definição do termo ‘auto-organização’ notamos que no final do parágrafo anterior usamos a expressão ‘ajuste organizacional’; esta é, também, para uma definição do processo de auto-organização, uma palavra chave.

O termo organização, segundo Morin (1977, p. 92), designa em si mesmo o oposto de simplicidade, leva-nos ao território do complicado, do complexo. Assim, dada à sua complexidade, a organização parece implicar o complexo. Podemos observar a extensão da complexidade que a organização traz em seu bojo, no seguinte exemplo dado por Morin (1977, p. 92):

Hoje sabemos que tudo aquilo que a antiga física concebia como elemento simples é organização. O átomo é organização; a molécula é organização; o astro é organização; a vida é organização; a sociedade é organização. Mas ignoramos totalmente o sentido deste termo: organização.

A não simplicidade subjacente à palavra organização, argumenta Morin (1977), está no fato de que para a existência de uma organização requer a ocorrência de interação entre elementos que, individualmente traz suas peculiaridades para formar um todo complexo organizado. Tal importância e consequência dessa interação entre os elementos em uma organização podemos verificar na seguinte passagem:

As interações são ações recíprocas que modificam o comportamento ou a natureza dos elementos, corpos, objetos ou fenômenos que estão presentes ou se influenciam. (Morin, 1977, p. 53)

Conforme Morin, podemos inferir que elementos isolados não caracterizam uma organização, pois ela só acontece na interação proveniente desses mesmos elementos. Assim, o que caracteriza a constituição de um todo organizado é o elo relacional que existe entre eles.

Conforme ressalta Pellegrini (1996, 301), por *organização*¹¹

¹¹ A palavra organização etimologicamente, segundo Ferreira (1999) e Cunha (1982), vem do vocábulo gr. *organon*, 'instrumento de qualquer espécie, de trabalho, de guerra, musical etc., órgão do corpo humano' (do gr. *érgon*, 'ação, obra, trabalho'), representa-se no lat. *organum*, de mesmo significado, fonte do eruditismo port. *órgão*, de 1382, esp. *órgano*, de 1220-1250, it. *Organo*, do séc. XIII-XIV, fr. *organe*, de 1314, ig. *Organ*, do séc. XVI, al. *Organ*, do séc. XIII-XIV donde os respectivos derivados port. *organizar*, do séc. XVI, *organização*, do séc. XVII, esp. *organizar*, séc. XV, *organización*, do séc. XVII, it. *organizzare*, *organizzazione*, ambos do séc. XV-XVI, fr. *organiser*, do séc. XIV, *organisation*, c.1390, ing. *To organize*, de 1413, *organization*, de 1432-1450, al. *organisieren*, *Organisation*, ambos do séc. XVI, todos formados sobre o lat. med. *organizare*, *organizatio*, *onis*.

entende-se o agrupamento de elementos unidos entre si, sistemática e cooperativamente, de forma que as relações entre os elementos componentes sejam de dependência e interdependência ao mesmo tempo, garantindo assim a unidade e individualidade do sistema. As relações entre os elementos de um sistema, entendido como um conjunto de elementos interdependentes e harmônicos, expressam a forma como os estados dos elementos influenciam ou condicionam uns aos outros ao longo do tempo. Nesse sentido Ashby (1962, p. 255-256) ressalta que:

O cerne do conceito [de organização] é, na minha opinião, o de 'condicionalidade'. Tão logo a relação entre duas entidades A e B torna-se condicionada pelo valor ou estado de C, então uma componente necessária de 'organização' está presente. Assim, a teoria da organização é parcialmente coextensiva à teoria das funções de mais de uma variável.

Assim, a organização de um sistema é um conjunto de relações de condicionalidade definidas pelo sistema; não haveria sentido em dizer que há um 'sistema sem nenhuma organização'. Se um sistema fosse completamente 'não-organizado', não haveria relação entre seus elementos, e escapar-se-ia assim à própria definição de sistema. Tal argumentação verificamos, também, em Morin (1977, p. 101) quando este diz que:

A idéia de organização e a idéia de sistema são ainda embrionárias, mas também dissociadas. Proponho-me associá-las, visto que o sistema é o caráter fenomênico e global que adquire as inter-relações cuja disposição constitui a organização do sistema. Os dois conceitos estão ligados pelo conceito de inter-relação: toda a inter-relação dotada de certa

estabilidade ou regularidade toma um caráter organizacional e produz um sistema. Existe, portanto, uma reciprocidade circular entre estes três termos: inter-relação, organização e sistema.

Em geral, as Teorias da Auto-organização como as de Ashby (1962), Debrun (1996a, 1996b) e Atlan (1992) referem-se às situações em que elementos inicialmente separados, posteriormente se aproximam, por obra do acaso ou por decisões que escapam ao controle dos indivíduos, constituindo uma forma única e global.

Exemplificando, podemos citar von Foerster que, segundo Atlan (1992, p. 38), foi o primeiro a ressaltar a necessidade de um 'princípio de ordem a partir do ruído' para explicar as propriedades mais singulares dos organismos vivos como sistemas auto-organizadores, pois o 'princípio de ordem a partir da ordem', apresentado nas modernas teorias termodinâmicas da matéria viva não lhe parecia suficiente. Para ele, *"os sistemas auto-organizadores não se alimentam apenas da ordem, mas também encontram o ruído em seu cardápio..."* (Von Foerster, 1960, p. 31).

Von Foerster (1960) considera a auto-organização como o aumento da redundância num sistema ou a diminuição da entropia num sistema. Em relação às afirmações de von Foerster, Debrun (1996a) salienta que, não as considera completamente errôneas, mas que simplesmente elas *"...não fazem sentido, enquanto não puderem ser conectadas com tal ou qual intuição, atual ou potencial, do Senso Comum, e nela enraizadas"* (Debrun, 1996a, p. 3). Para

Debrun, tais afirmações não abarcam completamente os aspectos e as condições da auto-organização; elas apontam somente para um aspecto, para uma condição ou uma consequência da auto-organização.

Atlan ressalta que a 'lei da variedade indispensável', de Ashby (1970, p. 238-251), torna possível a auto-organização. Segundo Atlan, tal lei é necessária para a sobrevivência de qualquer sistema exposto a um meio ambiente.

A lei de Ashby estabelece uma relação entre a variedade das perturbações [provocadas pelo ambiente], a das respostas [do sistema] e a dos estados aceitáveis [do sistema]. A variedade das respostas disponíveis deve ser tão maior quanto maior for a das perturbações, e quanto menor for a dos estados aceitáveis. (Atlan, 1992, p. 39)

Para Atlan a auto-organização deve estar ligada aos processos estocásticos, isto é, que envolvem aleatoriedade, sendo que esses processos podem ser considerados de duas formas distintas:

1ª) deve haver uma variedade de perturbações aleatórias, que configuram o ambiente caótico ao qual o sistema está exposto;

2ª) as mudanças na organização no sistema devem ocorrer de forma aleatória, sem a existência prévia de uma lei com a qual se possa prever tais mudanças de estado.

Atlan (1992, p. 40) comunga com Ashby (1962, p. 267-269) quando este argumenta que a auto-organização não é possível em sistemas

totalmente fechados. Atlan salienta que mudanças na organização, providas do exterior, podem ocorrer de duas maneiras distintas:

1^a) ou programando-se as mudanças de estado do sistema (o qual Debrun denomina como hetero-organização e que será melhor explicada adiante);

2^a) ou ocorrendo de forma aleatória, sem a existência de uma lei prévia com a qual se possa prever tais mudanças de estado (o que Debrun considera propriamente como auto-organização).

O conceito de auto-organização sugerido por Ashby fundamenta-se particularmente em dois significados. Primeiro, o significado é caracterizado como 'mecanismo auto-conectivo' (ou mecanismo auto-conectante), que designa aqueles sistemas que começam com suas partes separadas "*... de modo que o comportamento de cada um é independente do estado do outro e cujas partes atuam de modo que elas mudam em direção a formar conexões de algum tipo*" (Ashby, 1962, p. 266). Assim, Ashby argumenta salientando que tais sistemas são 'auto-organizáveis' no sentido que eles mudam das 'partes separadas' para 'partes unidas'.

O outro significado de auto-organização, apresentado por Ashby, se aplica àqueles sistemas que, após formarem algumas conexões, anteriormente, independentes em suas partes, passaram pelo estado que denominamos de estado 'auto-conectivo' e aprenderam, posteriormente, como

mudar a 'má organização' para a 'boa organização' (Ashby, 1962, p. 267). No entanto, Ashby, afirma que não há algo, de uma maneira absoluta, como 'boa organização', pois, em certa situação, critério e contexto, o que consideramos como uma organização boa pode ser completamente ruim sob outra situação, critério e contexto. Podemos verificar esta argumentação na seguinte passagem:

... não há nenhuma tal coisa como 'organização boa' em qualquer senso absoluto. Sempre é relativo; uma organização que é boa em um contexto ou debaixo de um critério pode ser ruim debaixo de outro. (Ashby, 1962, p. 263)

Ashby nos oferece alguns exemplos sobre sua argumentação da impossibilidade da existência de uma organização boa em sentido absoluto. Podemos ilustrar tal afirmação com o seguinte exemplo sobre a memória dados por ele:

Seria realmente bom que o cérebro tivesse memória? De forma alguma – só quando o ambiente é de um tipo no qual o futuro copia frequentemente o passado; se o futuro fosse sempre o inverso do passado, memória seria realmente desvantajosa. Um exemplo bem conhecido é aquele do rato de esgoto que enfrenta as regras de um ambiente conhecido como "pré-iscado". O ingênuo rato é muito desconfiado e come pequenas quantidades de alimento desconhecido. Entretanto, caso haja uma oferta de alimento em determinado lugar durante três dias sucessivos, o rato de esgoto se familiarizará com isso e, no quarto dia, comerá até se satisfazer por completo, e morrerá. Porém, o rato sem memória permanecerá tão desconfiado no quarto dia quanto no primeiro, e sobreviverá. Assim, em ambientes como esse, a memória é positivamente desvantajosa. Um contato prolongado com este ambiente conduzirá, tomadas as devidas proporções, a uma evolução na diminuição da capacidade de memória. (Ashby, 1962, p. 264)

Verificamos que, em épocas mais atuais, um pesquisador que trilha idéias de auto-organização muito parecidas com as de Ashby é Debrun.

Para Debrun (1996a, p. 4), a 'auto-organização' só se dá quando "... *uma organização ou 'forma' (...) se produz a si própria*". De maneira melhor explicitada, 'auto-organização' é a possibilidade de alguns elementos sem conexão, sem ligação, ou seja, realmente distintos (indivíduos, eventos, idéias, sons, células, grupos, etc.) afluírem, desenvolverem-se ou reestruturarem-se indubitavelmente e essencialmente a partir deles próprios, ou seja, do momento da sua existência.

Podemos ver com maior ênfase e de uma maneira mais completa a definição de Debrun (1996a, p. 13) na seguinte passagem:

Há auto-organização cada vez que, a partir de um encontro entre elementos realmente (e não analiticamente) distintos, desenvolve-se uma interação sem supervisor (ou sem supervisor onipotente) – interação essa que leva eventualmente à constituição de uma 'forma' ou à reestruturação, por 'complexificação', de uma forma já existente.

Por conseguinte, podemos dizer então que, segundo Debrun, a relação que se dá entre os elementos não deve pressupor a existência de uma hierarquia entre seus componentes que determina ou dirija o processo de auto-organização, pois se assim ocorrer não haverá uma auto-organização e sim o que Debrun chama de hetero-organização. Dessa maneira, uma estrutura ou forma é criada a partir da conexão inicial aleatória dos elementos presentes, sem que

haja, contudo, um centro organizador determinando todo o processo.

Para melhor ilustrar o processo de auto-organização convém observar o que Debrun (1996b, p. 34-48) comenta e procura sintetizar como propriedades do fenômeno que ele denomina de auto-organização. A título de condições de auto-organização, o autor lista os seguintes critérios:

- 1) A auto-organização é um processo que se inicia por um 'corte', abrupto ou não, com um estado de coisas anteriores. Tal corte pode se dar ao acaso, como, por exemplo, pela amplificação de flutuação quando o sistema se encontra longe do equilíbrio.
- 2) Logo após ou de modo acavalado, vem uma fase de 'endogenização' com as seguintes características: a) distinção de um dentro e um fora; b) redução do papel do acaso; c) capacidade de resistência às pressões e intervenção do ambiente; d) estabilidade; e) aquisição de um perfil ou forma global, ou ainda, 'identidade' e f) auto-causalidade (endocausalidade).
- 3) Inexistência de um elemento (ou parte) que comande o processo (portanto não deve existir um centro absoluto).

Conclusivamente, conforme as idéias de Debrun, podemos entender auto-organização como um processo onde ocorre um encontro de elementos distintos, havendo neste processo interação entre os mesmos; tal interação não pode ser supervisionada, realizando, por conseguinte, ações organizadoras entre si e com o meio ambiente em que está inserido, surgindo, por si só e só desta maneira, uma forma de organização que pode ser considerada

e denominada, segundo ele, como sendo realmente um processo 'auto-organizado'.

Tal processo auto-organizado traz como elemento importante e inovador o fato de que na auto-organização sua origem está no próprio processo, visto que, ela acontece na interação e entrelaçamento dos elementos que constituem um organismo ou sistema.

Podemos classificar a auto-organização, segundo Ashby (1962) e Debrun (1996a), em dois tipos: auto-organização primária e auto-organização secundária.

A auto-organização primária é aquela emergente de elementos realmente distintos e sem qualquer supervisor. De maneira mais clara, Debrun define do seguinte modo a auto-organização primária:

Há auto-organização cada vez que um processo de encontro e interação entre elementos realmente distintos tende, sem intervenção de um supervisor, pelo menos sem supervisor onipotente, à constituição de uma forma global (ou 'Todo'), que resulta essencialmente da própria interação, e só em grau menor das condições de partida ou do intercâmbio com o ambiente. (Debrun, 1996b, p. 32)

Assim, podemos dizer que a constituição de uma forma global do processo da auto-organização primária é, de certa maneira, a própria gênese do ser, pois ele acontece quando elementos independentes geram uma estrutura ou padrão estável a partir de conexões entre eles onde, posteriormente, se tornarão dependentes dentro da nova organização estabelecida, salientando

sempre que no processo das conexões não há a interferência de um centro ou algo organizador que determine seu caminho. Assim sendo, parece existir uma dinâmica própria, pois o processo vai autonomizando-se em meio a turbulências, a fatores múltiplos e no decorrer do tempo, sendo que não parte de uma forma já constituída.

Podemos exemplificar a auto-organização primária dando o exemplo de um encontro casual entre duas pessoas, fruto da colisão entre um carro e um trem. Podemos citar como causas de tal encontro: pressa do motorista, falta de conservação do carro, falta de sinalização no cruzamento, desatenção do maquinista, falta de luz no cruzamento para uma melhor visão do maquinista, sonolência do maquinista, entre outras. Esse encontro casual do maquinista com o motorista levaram à interação e conexão de elementos independentes entre ambos, tais como: no âmbito religioso um é ateu o outro é muçulmano, no âmbito político um é de direita o outro é de esquerda, no âmbito musical um é roqueiro o outro é adepto da música clássica, etc. Entretanto, os dois, mesmo constituindo-se de elementos independentes, tornaram-se amigos (ver figura 4).

Após a constituição de uma forma global, fruto da interação entre os elementos, formada a partir da auto-organização primária, ocorrerá o desenvolvimento dessa estrutura existente no sentido de se aprimorar, gerando novos padrões de organização, atingindo, também, novos níveis ou patamares de atividades. A tal processo, Debrun denomina de auto-organização secundária. No nosso exemplo, podemos dizer que a auto-organização secundária é a

amizade entre o motorista e o maquinista gerada pelo acidente casual (figura 4).

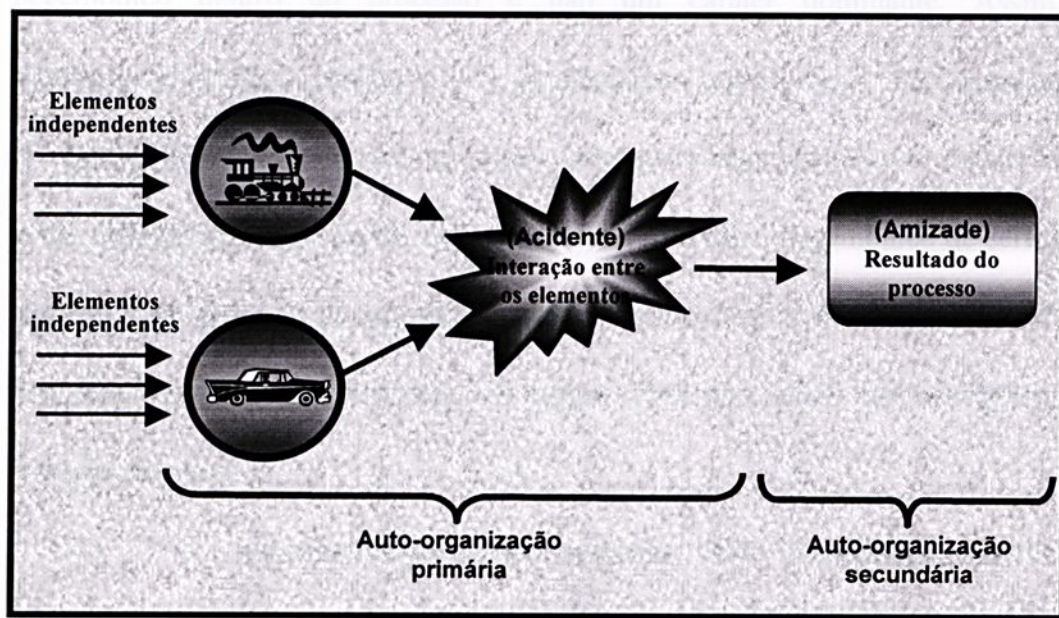


Figura 4. Exemplo representacional de um processo de auto-organização.

Debrun (1996a, p. 11) é bem contundente ao dizer que a auto-organização secundária é secundária somente “à medida que ela não parte de simples elementos, mas de um ser ou sistema já construído”. Desta maneira, tal organismo consegue, a partir de suas próprias operações, evoluir de um determinado estado de complexidade intelectual, corporal, existencial, para um estado de complexidade superior. Da mesma maneira que a auto-organização primária, a auto-organização secundária deve ocorrer sem a interferência direta de um centro ou programa organizador, pois a interação entre elementos também

está presente nesta. No entanto, pode ocorrer entre os elementos que alguns deles exerçam sobre os outros um papel de elementos diretores durante a constituição de novos patamares de atividade, entretanto, esse papel tem um caráter hegemônico dentro do processo e não um caráter dominante. Assim, parafraseando Debrun (1996a, p. 12), os elementos hegemônicos “*não mandam de cima para baixo*”, pois, se isto ocorrer, não temos mais uma auto-organização e sim uma hetero-organização. Por conseguinte, este papel hegemônico de certos elementos no processo de auto-organização, significa que os mesmos ‘dirigem’, mas têm para tanto de ‘solicitar’ aos outros elementos, senão não conseguem nada no processo.

Na próxima seção, discorreremos sobre Inteligência Artificial (IA). Assim sendo, ao procedermos como tal, verificaremos se a aplicação da auto-organização descrita por nós comunga com a IA.

SEÇÃO 2 - Auto-organização e Inteligência Artificial (IA)

Segundo Gonzalez (1998, p. 3), na primeira linha de pesquisa do sistema cognitivo, que denominamos de IA, o que prepondera são as regras abstratas e os algoritmos nos estudos dos elementos estruturadores das representações mentais, ou seja, os processos mentais são estudados como se fossem apenas computações abstratas, interdependentes de suas realizações

físicas e do meio ambiente que desempenham papéis funcionais no sistema cognitivo. Podemos constatar isto, também, em Gonzalez (1991, p. 97) quando a mesma comenta que a IA considera as representações mentais como entidades abstratas que não apenas podem, mas devem ser estudadas independentes dos elementos físicos que as instanciam. Comenta ainda que na IA essas descrições das representações mentais como abstrações funcionam como mediadores entre o organismo e o seu meio ambiente.

Os estudiosos da IA procuraram pesquisar o comportamento inteligente através do emprego de modelos. Tais modelos eram simulados por meio de máquinas, onde podemos dar como exemplo os computadores eletrônicos.

Na IA os cientistas, como vimos anteriormente, tratavam a atividade mental como a realização de um algoritmo, contudo argumentavam, que esse algoritmo poderia ser instanciado em qualquer matéria. O filósofo Putnam (1980) na sua primeira fase, em sua idéia de instanciação múltipla, diz que tanto faz se um certo algoritmo está sendo realizado no cérebro, no computador ou em latas amarradas por barbantes.

Segundo Searle (1997, p. 288), a máquina de Turing foi um grande marco no desenvolvimento da IA. Gardner (1996, p. 46) descreve que Putnam comenta que com o desenvolvimento das noções de máquina de Turing e a invenção do computador, podemos resolver, ou dissolver, o clássico problema mente-corpo. Putnam recorre à noção de máquina de Turing como um modelo para o organismo. Segundo Putnam: *“o pensamento pode de fato ocorrer em um*

aparato físico e pode estar correlacionado com um certo comportamento, sem ter de ser identificado, porém com a classe exata de atividades que por acaso são produzidas”(Gardner, 1996, p. 91).

Segundo Thagard (1998, p. 32), foi em 1930 que a teoria inicial da computação foi desenvolvida. Nela encontramos lógicos como Church e Turing que desenvolveram esquemas matemáticos para especificar o que poderia ser efetivamente computado.

Gardner (1996, p. 32) relata que o matemático britânico Alan Turing desenvolveu a noção de uma máquina simples, que poderia em princípio resolver qualquer cálculo combinável. Tal máquina denominada de ‘máquina de Turing’ foi de extrema importância para aqueles pesquisadores interessados em máquinas computadoras.

Dupuy (1996, p. 31) diz que o conceito de máquina de Turing foi originalmente proposto por Alan Turing em seu artigo ‘On Computable Numbers, with an Application to the *Entscheidungs-sproblem*’ de 1936, no qual o mesmo propõe uma formalização matemática da noção abstrata de máquina.

Podemos, segundo Tenório (1991, p. 47), sintetizar resumidamente uma máquina de Turing¹² da seguinte maneira:

Turing concebeu uma máquina que ele denominava de máquina ideal com as seguintes características:

- a) A máquina possui uma fita independente longa, dividida em cé-

¹² Podemos encontrar na literatura muitas descrições da máquina de Turing como em Davis (1958), Bernstein (1966), Minsk (1967), Trakhtenbrot (1970), Weizenbaum (1976), Carvalho (1981), Hodger (1984) e Hopcroft (1984).

Turing sugeriu que ao executar essas operações simples, as máquinas de Turing seriam capazes de realizar qualquer processo ou programa que pudesse ser expresso em um código binário. Em particular, Turing argumentava que uma Máquina Universal de Turing poderia simular, em diferentes tipos de dispositivos físicos, o comportamento de uma outra máquina de Turing, se essa máquina universal dispusesse de tempo suficiente e da descrição da máquina de Turing que se quer simular.

Searle relata como era a argumentação de Turing quanto à sua Máquina Universal:

... é uma consequência da tese de Church-Turing e do teorema de Turing que qualquer coisa que um ser humano pode fazer algorítmicamente pode ser feita em uma máquina de Turing universal. Posso implementar, por exemplo, exatamente o mesmo algoritmo que emprego para divisão em um computador digital. Em tal caso, conforme descrito por Turing (1973)¹³, tanto eu, o computador humano, como o computador mecânico estamos implementando o mesmo algoritmo. Estou efetuando-o conscientemente; o computador mecânico, não-conscientemente. Então parece razoável supor que pudesse haver milhões de outros processos mentais acontecendo não-conscientemente em meu cérebro que sejam também computacionais. E, sendo assim, poderíamos descobrir como o cérebro funciona simulando esses mesmos processos em um computador digital... (Searle, 1997, p. 289).

A máquina de Turing tem como principais características os seguintes itens:

¹³ Artigo denominado de 'Computing Machinery and Intelligence' que propõe um método operatório para resolver a questão que agitavam as mentes daquela época: "Podem as máquinas pensar?". Mind, LIX, 1950; republicado in A.R. Anderson (Org.) Minds and Machines; trad. Francesa desta última coletânea: Pensée et machines, Seyssel, Champ Vallon, 1983.

1) Embora a máquina de Turing seja uma idealização, na qual ela tem um potencial infinito, ela pode ser concebida tanto com um sistema físico quanto como um mecanismo abstrato de computação. De forma que sempre que uma máquina de Turing está em um estado físico particular, ela também se encontra em um estado computacional. No entanto, os processos computacionais da máquina de Turing são independentes de qualquer estado físico particular. As mesmas computações (os mesmos programas) podem ser, em geral, executadas (rodadas) em máquinas fisicamente diferentes. Vamos chamar esta característica peculiar da máquina de Turing de “independência entre os estados físicos e computacionais da máquina”;

2) As máquinas de Turing operam exclusivamente com símbolos e regras pré-estabelecidas, de acordo com a sua tabela de instruções;

3) Os estados possíveis em que se encontram as máquinas de Turing podem sempre ser expressos em um código binário;

4) As máquinas de Turing operam serialmente, de acordo com os seus estados discretos, sendo o resultado de suas operações registrados em um endereço específico na memória.

Searle (1997, p. 288) diz acreditar que nos ensaios de Turing remonta o alicerce da visão cognitivista. Podemos dizer, conforme vimos até agora, que na IA a atenção dos pesquisadores estava voltada para as representações baseadas em métodos de resolução de problemas e regras

abstratas de manipulação de símbolos.

Assim, verificamos nesta primeira tendência central da ciência cognitiva, a IA, que tal linha focaliza regras abstratas e os algoritmos pré-estabelecidos dominantes no estudo dos elementos estruturadores das representações mentais. Por conseguinte, a IA não tem identificação direta com o conceito de auto-organização descrita por Debrun, pois ele relata, como já vimos, que se existe um princípio centralizador, que intervém de cima para baixo com regras pré-estabelecidas, então, não existe auto-organização e sim hetero-organização.

Na seção seguinte, procederemos da mesma maneira que o fizemos nesta seção, só que, em vez de falarmos da IA falaremos agora de Rede Neurais Artificiais e ao término deste ensejo verificaremos, também, se a aplicação da auto-organização acontece na RNA.

SEÇÃO 3 - Auto-organização e Redes Neurais Artificiais (RNA)

Na década de 80, segundo Thagard (1998, p. 109), houve uma grande repercussão e interesse dos pesquisadores por modelos computacionais inspirados na estrutura neural do cérebro. Esta área de pesquisa da ciência cognitiva é a segunda tendência central chamada de RNA.

Segundo Gonzalez (1991, p. 96), a RNA não trata as

representações mentais como a IA, ou seja, como abstrações que funcionam como mediadores entre organismo e o seu meio ambiente, mas ao dar relevância às considerações acerca dos aspectos físicos, neurofisiológicos e ambientais para o estudo dos aspectos mentais, trata as representações mentais como estruturas emergentes da ativação de unidades neurônio-símile que se auto-organizam em função da informação disponível no meio ambiente. Esse neurônio-símile, segundo Gonzalez (1991, p. 99), do inglês *neuron like units*, é formado por unidades que artificialmente simulam neurônios reais possuindo um nível de ativação que varia em função de influências externas, ou seja, em função das suas conexões sinápticas com outras unidades neurônio-símile, que respondem aos estímulos provindos do meio ambiente (ver figura 6). Mas, tal assunto será tratado com mais detalhe posteriormente.

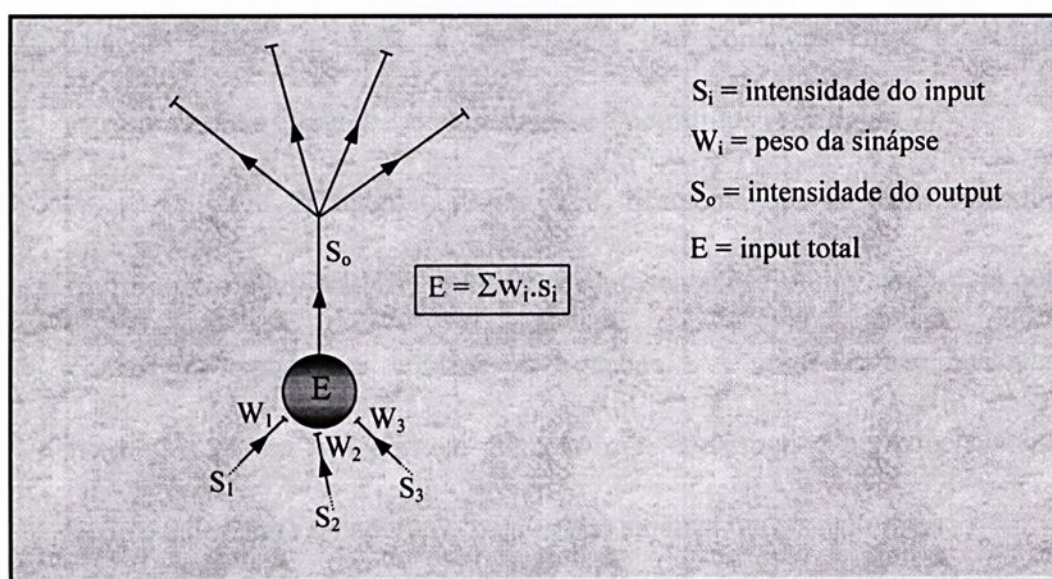


Figura 6. Esquema figurativo simplificado de um neurônio artificial. (Gonzalez, 1991, p. 99)

Assim, os adeptos da RNA enfatizam um nível menos abstrato de descrição do sistema cognitivo. Esse nível é conhecido como nível subsimbólico de descrição, pois ele descreve estados físicos do sistema cognitivo, os quais constituem, por hipótese, o substrato dos níveis de abstração hierarquicamente superiores deste sistema.

Podemos dizer, resumidamente, que esta segunda tendência central da ciência cognitiva em seu estudo sobre a natureza dos seus estados mentais responsáveis pelo comportamento inteligente enfatiza, exclusivamente, as leis naturais e os mecanismos físicos atuantes no processo de formação, organização e desenvolvimento das representações mentais, onde, a caracterização da natureza de tais representações é entendida como padrões de atividade que se estabelecem entre as suas unidades neurônio-símile (Gonzalez, 1998, p. 6).

Os modelos computacionais da RNA que, como dissemos anteriormente, são baseados na estrutura neural do cérebro, enfatizam, segundo Thagard (1998, p. 110), a importância das conexões entre essas simples estruturas. Tais conexões assemelham-se a neurônios (ver figura 7).

Thagard (1998, p. 110) descreve, que as redes conexionistas (outro nome dado à RNA) constituem representações muito simples, já que elas consistem apenas em unidades e ligações. As unidades são análogas aos neurônios e têm um grau de ativação que corresponde à frequência na qual ocorre a descarga do neurônio para enviar sinais a outros neurônios.

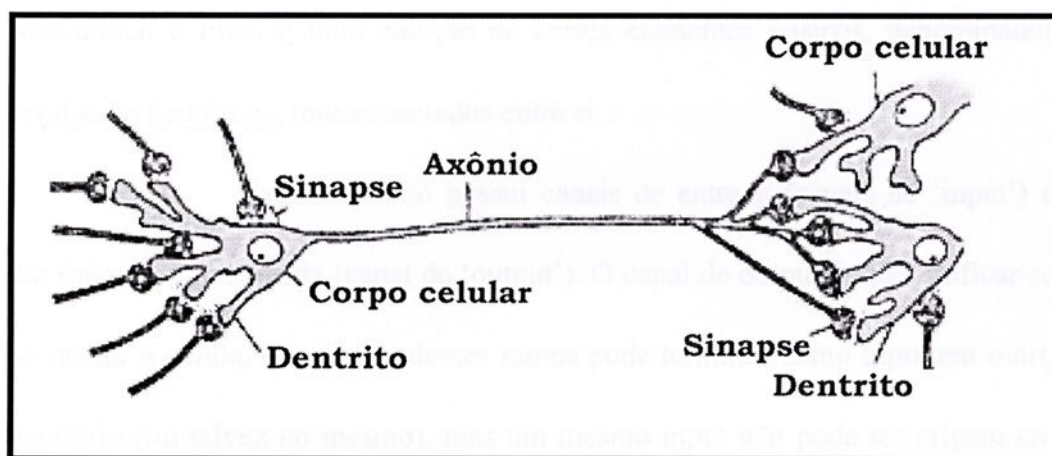


Figura 7. Figura representacional de neurônios conectados por sinapses. Os sinais elétricos fluem para os dendritos e ao longo do axônio.

Os modelos da RNA são construídos utilizando-se as chamadas redes neurais. As redes neurais foram, inicialmente, definidas por McCulloch & Pitts (1998) para a representação e análise da lógica subjacente a qualquer processo discreto, ocorram eles no cérebro, no computador ou em qualquer outro lugar (Dupuy, 1996, p. 57-74). Embora inspirados nos neurônios cerebrais, McCulloch e Pitts compreendiam, claramente, que seus modelos de redes neurais não podiam servir adequadamente como modelos fisiológicos de células nervosas.

As redes neurais, modernamente definidas, podem ser consideradas como generalizações do modelo inicial proposto por McCulloch e Pitts. Por conseguinte, primeiramente, analisaremos a caracterização proposta em 1943 para as redes neurais e, posteriormente, a caracterização moderna.

Uma rede neural, tal como inicialmente estruturada por

McCulloch e Pitts, é uma coleção de certos elementos básicos, denominados células ou neurônios, interconectados entre si.

Cada neurônio possui canais de entrada (canais de 'input') e um único canal de saída (canal de 'output'). O canal de output pode ramificar-se ao deixar a célula, e cada um desses ramos pode terminar como input em outro neurônio (ou talvez no mesmo), mas um mesmo input não pode ter origem em mais que um output. Os canais de input são de dois tipos. O primeiro tipo, denominado input excitatório, é representado na figura 8 por uma seta. O segundo tipo, denominado input inibitório, é representado na figura 8 por uma linha terminada com um pequeno círculo.

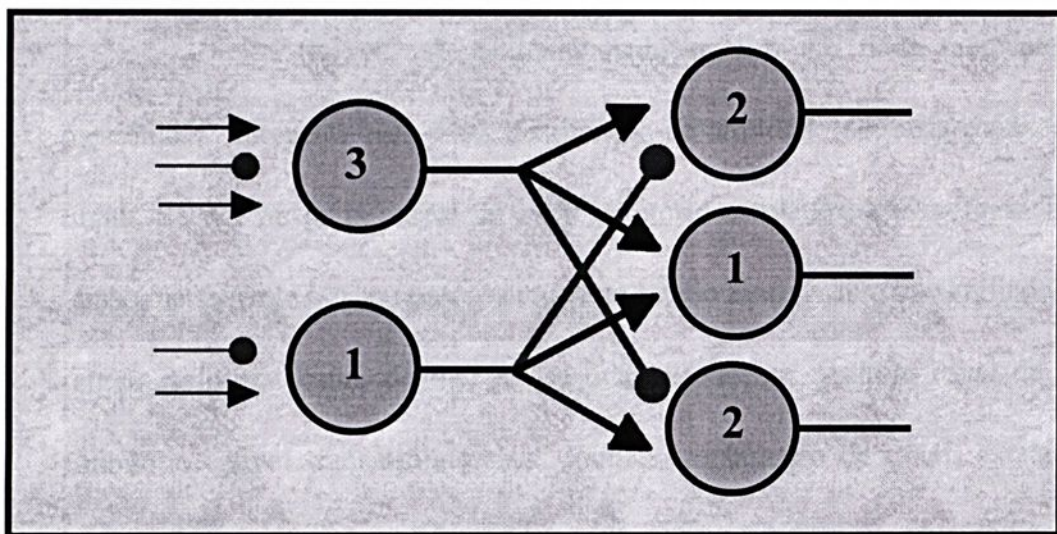


Figura 8. Representação de uma rede neural de McCulloch e Pitts.

Cada neurônio se comporta como um autônomo finito operando em momentos discretos e de forma sincronizada. Em cada instante, um neurônio se encontra em dois estados possíveis ativo ou inativo. Para cada um desses estados existe um sinal de output associado transmitindo ao longo das ramificações do canal de output. Como são apenas dois estados possíveis, às vezes, é conveniente pensar o estado ativo como a produção de um sinal ou pulso através do canal de output, e o estado inativo como a não produção de um sinal ou pulso.

Os neurônios mudam de estado de acordo com os sinais recebidos em seus canais de input. No centro de cada círculo, que representa os neurônios (figura 8), encontra-se um número denominado limiar (em inglês, *threshold*). O limiar determina a mudança de estado do neurônio da seguinte maneira:

Seja C um neurônio qualquer. Em um dado momento t o neurônio C apresenta uma certa distribuição de atividade em suas conexões de input. Se um ou mais canais de input inibitório estiverem transmitindo sinais, então, no instante $t+1$, o neurônio estará no estado inativo, não transmitindo sinal algum pelo seu canal de output. De outro modo, se nenhum canal de input inibitório estiver transmitindo sinal, somamos o número de canais excitatórios que estão transmitindo sinais, e se este número for igual ou superior ao limiar do neurônio C estará, no instante $t+1$, no estado ativo, disparando um sinal pelo seu canal de output. Em outras palavras, um neurônio C qualquer estará ativo no

instante $t+1$, se e somente se, no instante t , o número de inputs excitatórios for igual ou superior ao limiar e nenhum input inibitório estiver ativo.

Por encontrarem algumas dificuldades, nesta primeira definição os pesquisadores da RNA redefiniram a rede neural. Tal definição será apresentada a seguir.

As redes neurais nos modelos RNA podem ser caracterizadas a partir de oito componentes principais:

- 1- Um conjunto de unidades de processamento (as unidades neurônio-símile);
- 2- Um estado de ativação (uma função que a cada instante fornece o valor de ativação da rede);
- 3- Uma função output para cada unidade (fornece a cada instante o output produzido por uma unidade neurônio-símile);
- 4- Um padrão de conectividade entre as unidades (fornece a estrutura das conexões entre as unidades neurônio-símile);
- 5- Uma regra de propagação para determinar a propagação dos padrões de atividade através das conexões da rede;
- 6- Uma regra de ativação (uma função que permite determinar um novo valor de ativação das unidades neurônio-símile a partir dos inputs recebidos e do estado de ativação anterior das unidades neurônio-símile);

7- Uma regra de aprendizagem por meio da qual os padrões de conectividade são modificados pela experiência;

8- Um ambiente (ou vizinhança) dentro do qual a rede deve operar.

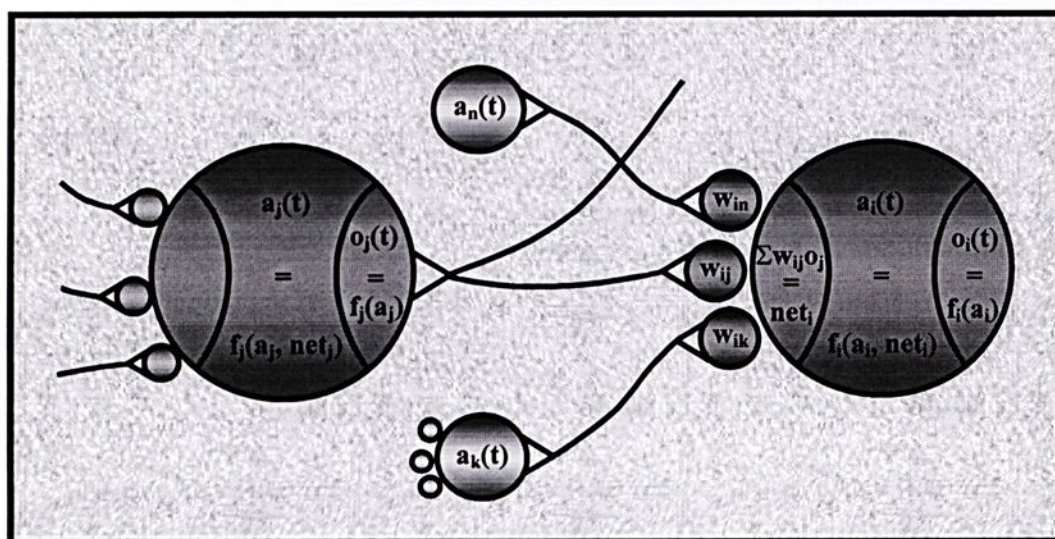


Figura 9. Representação de uma rede neural nos modelos RNA.

A figura 9 ilustra os aspectos básicos destes oito componentes. As unidades de processamento ou unidades neurônio-símile são indicadas por círculo. Em cada instante t , uma unidade neurônio-símile i , tem um valor de ativação denotado por $a_i(t)$. O output, $o_i(t)$ produzido pela unidade neurônio-símile i é calculado pela função $f_i(a_i)$. Este output passa através das conexões

para as outras unidades neurônio-símile. As conexões, representadas por linhas ligando as unidades neurônio-símile, estão associadas a um número real w_{ij} , denominado peso da conexão, que determina o efeito que a unidade j produz na unidade i . Todos os inputs recebidos pela unidade neurônio-símile i devem ser combinados de alguma forma para produzir um input líquido net_i , que permitirá a determinação de um novo estado de ativação a_i , através de uma função F . Isto é:

$$a_i(t+1) = F(a_i(t), net_i)$$

onde

$$net_i = \sum w_{ij} o_j \text{ (isto é, } net_i \text{ é a soma ponderada dos inputs recebidos pela unidade neurônio-símile } i\text{).}$$

Finalmente, a rede deve ser vista de forma dinâmica, isto é, os padrões de conectividade não são fixos no tempo, de tal forma que os pesos das conexões podem sofrer modificações com a experiência. A rede pode então, em algum sentido, evoluir.

As modificações nos pesos das conexões permitem a uma rede neural aprender a resolver problemas. Treinamento e aprendizagem são características fundamentais de uma rede neural. A aprendizagem é alcançada, em geral, não pela modificação das unidades neurônio-símile que compõem a rede, mas sim pela modificação dos pesos das conexões entre as unidades neurônio-símile. Vejamos como isso acontece.

Considere a forma como uma rede neural determina seus

outputs, através das funções f e F , demonstrada na página anterior. Se considerarmos estas funções como fixas para uma dada rede, seus outputs são determinados pelos dois elementos: os inputs recebidos e os pesos nas conexões. Agora, se uma rede deve aprender a responder corretamente a um conjunto de inputs uma possibilidade para melhorar a performance da rede é através da alteração dos pesos das conexões. Desta forma, em geral, a aprendizagem em uma rede neural consiste na mudança sistemática dos pesos nas conexões, aperfeiçoando sua performance até alcançar os níveis desejáveis.

Treinamento e aprendizagem são procedimentos diferentes. Treinamento é o procedimento por meio do qual a rede aprende. Aprendizagem é o processo de obtenção de resultados desejados através do treinamento (Caudill & Butler, 1996).

Segundo Rumelhart & McClelland (1986), Caudil & Butler (1996) e Gonzalez (1996), entre outros, o treinamento pode ser realizado, principalmente, por três processos distintos:

a) *Treinamento supervisionado*: que consiste em fornecer para uma rede, ao mesmo tempo, um conjunto de inputs e o padrão de output que se deseja obter. A lei de aprendizagem para tal rede consiste em ajustar-se os pesos das conexões de tal forma que o resultado obtido seja o mais próximo possível do desejado. Cada erro cometido pode ser aproveitado na determinação dos novos valores para os pesos das conexões;

b) *Treinamento por reforço*: este segundo treinamento

consiste em fornecer um conjunto de inputs e, ao invés de fornecer os outputs desejados, fornece um grau de sucesso. Isto é, informa-se à rede quão bem ela está computando. O que pode ser feito através, por exemplo, de esquemas do tipo teve sucesso, não teve sucesso, ou esquemas mais precisos que informam o grau de acerto ou erro.

c) *Treinamento não supervisionado*: este terceiro treinamento, também é chamado de treinamento por auto-organização (Gonzalez, 1996, p. 280), consiste em fornecer apenas um padrão de inputs sem qualquer informação sobre a resposta desejada. Este tipo de treinamento é muito utilizado em modelos estatísticos, uma vez que nenhuma resposta precisa ser pré-determinada.

Por conseguinte, ao verificarmos nesta seção a segunda tendência central da ciência cognitiva, que Gonzalez (1998, p. 3) denomina de RNA, podemos inferir, com base na seção 1 deste capítulo, que as redes supervisionadas e as redes por reforço não têm um entrelaçamento com a idéia de auto-organização, portanto, esses modelos não se auto-organizam por dependerem de um supervisor que controla as etapas do processo de estruturação e desenvolvimento.

Contudo, as redes não supervisionadas parecem se auto-organizarem, pois, segundo Gonzalez (1996, p. 280), não é fornecido previamente nenhum padrão específico de entrada ou saída à rede, assim, ela terá que identificar, formar ou achar um padrão, por meio do reconhecimento de regularidades na informação disponível no meio ambiente, sendo que isto é

executado sem o auxílio de um supervisor.

Sendo assim, parece que esses modelos não supervisionados se auto-organizam, pois se nos reportarmos à seção 1 deste capítulo nos ateremos a algumas propriedades da auto-organização dadas por Ashby (1962) e Debrun (1996a, 1996b) que são: ausência de regras e ausência de um centro organizador.

Entretanto, estas características, de não terem programas que direcionem cada etapa do processo de organização das redes e um supervisor que lhes impõem externamente, são apenas algumas propriedades da auto-organização entendida em sua totalidade.

Assim, se construíssemos modelos de RNAs que satisfizessem as propriedades da auto-organização de uma maneira ampla e completa como designadas pela aceção de Ashby e Debrun (seção 1 deste capítulo) então, poderíamos dizer que neste modelo de RNA (não supervisionado) realmente ocorre totalmente auto-organização, pois até o presente momento de sua evolução, as RNAs (não supervisionadas) parecem não satisfazerem a idéia e a compreensão de auto-organização dos pesquisadores expostos. Tal limitação, segundo Gonzalez (1996, 280), tem como razão principal “...o fato que ainda *lhes falta o princípio motor*¹⁴, referido por La Metrie como elemento fundamental para a caracterização da matéria viva organizada, em contraste

¹⁴ La Metrie no século XVIII defendia a hipótese de que o pensamento, bem como o corpo humano, devem ser entendidos como manifestações da matéria organizada. O princípio motor, referido acima por La Metrie, é a *dinâmica da matéria* (passagem do estado da matéria inerte para aquele da matéria animada) considerada, por ele, como a chave para o entendimento dos estados mentais humanos. Os homens e os demais animais, para La Metrie, diferenciam-se uns dos outros apenas pela variação, quanto ao grau de complexidade e organização, das partes que constituem a maravilhosa máquina do corpo.

com a matéria desorganizada”.

Resumidamente, fizemos, neste capítulo, na seção 1, uma síntese das principais características e propriedades da auto-organização na linha de pensamento de pesquisadores como Ashby, Debrun e Atlan.

Tendo em mãos tais parâmetros sobre a auto-organização, prosseguimos analisando, na seção 2, se nos modelos construídos pela IA ocorre auto-organização. Constatamos, segundo as nossas observações, que não ocorre auto-organização na IA, pois ela salienta regras abstratas e algoritmos estruturadores dos modelos artificiais da mente, sendo assim, segundo os princípios da auto-organização, se houver um princípio centralizador, que intervém de cima para baixo com regras pré-estabelecidas, então o que entendemos por auto-organização não ocorrerá.

Por fim, na seção 3, tentamos executar o mesmo processo de análise feito na seção 2, só que agora com a segunda vertente da ciência cognitiva denominada de RNA. Constatamos que, apesar desta última enfatizar as leis naturais e os mecanismos físicos atuantes no processo de formação, organização e desenvolvimento das representações mentais, sendo que, como vimos, tais representações mentais são estruturas emergentes da ativação de unidades neurônio-símile que se auto-organizam em função da informação disponível no meio ambiente, os modelos construídos pela RNA, apesar de parecer satisfazerem princípios de auto-organização, não conseguiram, até o presente momento, desenvolver um modelo que satisfaça os princípios da auto-



organização em sua totalidade.

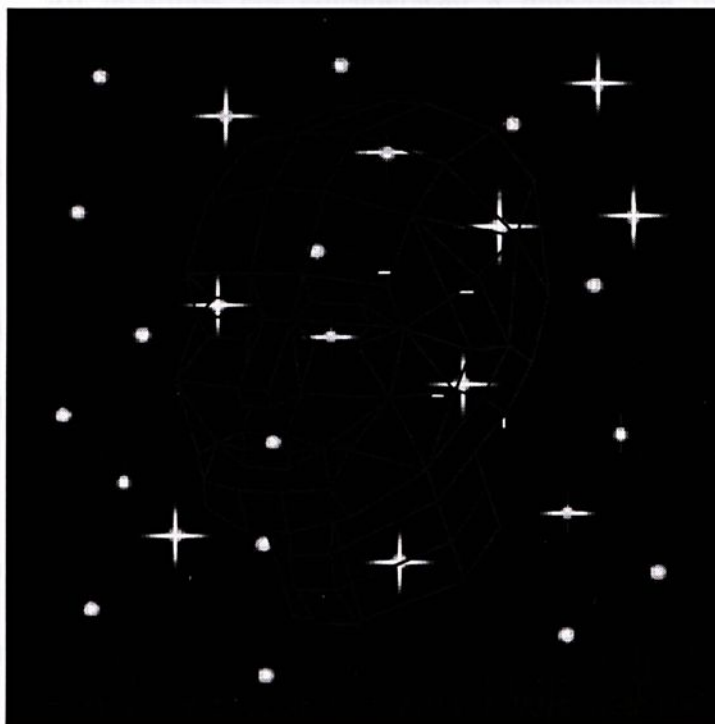
Tendo resumido algumas noções sobre auto-organização e modelos de processamento inteligente de informação criados pelo homem que parecem ter princípios de auto-organização, passaremos no próximo capítulo a analisar a concepção de sujeito cognitivo tradicional no paradigma da auto-organização, bem como, o papel do sujeito no processo da auto-organização.

CAPÍTULO 3

O SUJEITO COGNITIVO E SUA NOVA CARACTERIZAÇÃO NO PARADIGMA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO

CAPÍTULO 3

O SUJEITO COGNITIVO E SUA NOVA CARACTERIZAÇÃO NO PARADIGMA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO



...Aquele sujeito que restou da suposta revolução copernicana realizada pela ciência cognitiva... não é um sujeito cognitivo absoluto... A ciência cognitiva... possui dois eixos: a) o ataque a concepção humanista... e, b) a desconstrução da metafísica da subjetividade...

Gonzalez (1998, p. 9)

Um sujeito absoluto ou quase absoluto é incompatível com a auto-organização.

Debrun (1997, p. 28)

INTRODUÇÃO

Ao levarmos em consideração a importância do papel do sujeito tradicional no universo cognitivo, poderíamos dizer que 'só há possibilidade de uma auto-organização pela operação de um sujeito'.

Contudo, dentro do âmbito da auto-organização, em especial a auto-organização defendida por Debrun (1997, 1996a, 1996b, 1994), Ashby (1970, 1962, 1952) e Atlan (1992), tal idéia parece estar equivocada.

No início do capítulo anterior relatamos a idéia de auto-organização desenvolvida por Debrun, Ashby e Atlan. Analisaremos neste capítulo o papel que o sujeito tem dentro do processo de auto-organização, estando esta imbricada na ciência cognitiva.

Sem a intenção de realizar um trabalho de história da filosofia, faremos um breve percurso pela filosofia cartesiana, uma vez que na auto-organização acontece o fenômeno da desedificação do sujeito cognitivo tradicional; como enuncia Atlan (1992, p. 113), aquele sujeito, entendido tradicionalmente como detentor exclusivo da razão, teve seu fim nos dias atuais. O seu lugar está sendo substituído por sistemas auto-organizados que processam informação.

Assim, faremos um relato panorâmico da concepção de sujeito cognitivo cartesiano na seção 1 e, por fim, analisaremos, na seção 2, a concepção de sujeito cognitivo na auto-organização e se a concepção de sujeito cognitivo

elaborado por Descartes vai ao encontro desta.

SEÇÃO 1 - A concepção cartesiana de sujeito cognitivo

Segundo Gardner (1996, p. 64), Descartes representa o modelo filosófico dos primórdios da ciência cognitiva. Ele é considerado o fundador do racionalismo¹⁵ moderno e da filosofia moderna, rompendo com o aparato conceitual da escolástica medieval para edificar seu próprio sistema (Abbagnano, 1970, p. 49).

Para entendermos como é o sujeito cognitivo cartesiano, devemos observar como Descartes elaborou seu dualismo: corpo e alma. Assim sendo, mostraremos sinteticamente essa elaboração em sua filosofia.

A mola propulsora da filosofia de Descartes é a razão e, por extensão, as mentes racionais dos indivíduos em geral. Descartes, ao considerar a universalidade da razão, da qual todos os homens participam, percebeu a necessidade de dar a esta razão uma ordem e clareza, pois segundo ele:

¹⁵ (do latim, *Rationalis*: razoável; ingl. *Rationalism*; frac. *Rationalisme*; al. *Rationalismus*). – O vocábulo ‘racionalismo’ pode ser entendido de três modos: (1) Como designação da teoria segundo a qual a razão, equiparada com o pensar, ou a faculdade é superior da emoção a emoção e a vontade; temos então um *racionalismo psicológico*. (2) Como nome da doutrina para a qual o único órgão adequado ou completo de conhecimento é a razão, de modo que todo o conhecimento (verdadeiro) tem origem racional; fala-se em tal caso de *racionalismo gnosiológico ou epistemológico*. (3) Como expressão da teoria que afirma que a realidade é, em última instância, de caráter racional; nós a vemos assim com o *racionalismo metafísico*. Em geral, designa a atitude de quem confia nos procedimentos da razão para a determinação de crenças ou técnicas em determinado campo. (Mora, 1958, p. 1127).

... a diversidade de nossas opiniões não provém do fato de serem uns mais racionais do que outros, mas somente de conduzirmos nossos pensamentos por vias diversas e não considerarmos as mesmas coisas. Pois não é suficiente ter o espírito bom, o principal é aplicá-los bem. (Descartes, 1996, p. 65)

Por conseguinte, no intuito de conduzir bem a razão, Descartes sugere um método para a produção do conhecimento. Ao elaborá-lo, ele mostrou todo seu esforço em conduzir sua própria razão.

O caminho sistemático de investigação para Descartes é constituído de quatro regras para conduzir adequadamente a razão. Essas regras são: regra da evidência, de análise, de síntese e de enumeração (Descartes, 1996, p. 78-79). Tais regras podem ser descritas da seguinte maneira (Descartes, 1996, p. 16):

1ª) *Regra da evidência* - nunca aceitar como verdade senão aquilo que vejo clara e distintamente como tal, ou seja, devemos evitar todas as prevenções (conjunto de preconceitos) e a precipitação, para acolher apenas idéias claras e distintas.

2ª) *Regra da análise* - decompor cada problema em suas partes mínimas, portanto, devemos dividir nossos problemas no maior número possível de partes, para melhor resolvê-los.

3ª) *Regra da síntese* - ir do mais compreensível ao mais complexo, assim, devemos distinguir as verdades mais simples, independentes e absolutas, das verdades mais complexas, condicionadas e relativas. Essa regra

pressupõe a ordenação das partes segundo o critério da relação constante entre elas, de modo que possam ser comparadas com base na mesma unidade de medida.

4ª) *Regra da enumeração* - revisar completamente o processo para assegurar-se de que não ocorreu nenhuma omissão, ou seja, devemos selecionar exclusivamente o que for necessário e suficiente para a solução de um problema, evitando as omissões.

Na filosofia cartesiana, o ponto de partida é uma crítica radical a todo o saber humano por meio do exercício voluntário, metódico e provisório da dúvida, pela qual suspendemos o juízo acerca de tudo o que desperta em nós a menor suspeita de incerteza e passamos a considerar o duvidoso como falso. A isso Descartes chamou de *dúvida metódica*. De acordo com esse princípio, ele questiona todos os seus conhecimentos, inclusive o de sua própria existência (Descartes, 1996, p. 14-16).

Ao relatar que os sentidos algumas vezes nos enganam, Descartes (1996, p. 257-263) atribui pouco valor ao conhecimento sensível. Ao admitir isso, ele atribui pouco valor aos conhecimentos recebidos pela tradição, pois estes conhecimentos poderiam ter sido comprometidos por aquela radical incapacidade humana de conhecer a verdade. Na passagem seguinte, podemos verificar a preocupação de Descartes em conhecer a verdade por meio do conhecimento sensível:

Tudo o que recebi, até presentemente, como verdadeiro e seguro, aprendi-o dos sentidos ou pelos sentidos: ora, experimentei algumas vezes que esses sentidos eram enganosos, e é de prudência nunca se fiar inteiramente em quem já nos enganou uma vez. (Descartes, 1996, p. 258)

Descartes tenta encontrar algo que seja certo e indubitável, mas percebe que essa tarefa não é fácil. Por isso, ele aplica o método de dúvida radical e passa a considerar como duvidosas as informações que os sentidos fornecem à razão sobre o mundo físico. Constatamos tal fato na seguinte passagem:

Suponho, portanto, que todas as coisas que vejo são falsas; persuado-me de que jamais existiu de tudo quanto minha memória referta de mentiras me representa; penso não possuir nenhum sentido; creio que o corpo, a figura, a extensão, o movimento e o lugar são apenas ficções do espírito. O que poderá, pois, ser considerado verdadeiro? (Descartes, 1996, p. 266)

No entanto, Descartes descobre na dúvida do pensamento racional aquele algo certo e indubitável que procurava. Pois, segundo ele, em todo o processo de dúvida sistemática, existe algo de que não podemos duvidar que é a própria dúvida, isto é, eu não posso duvidar de que eu estou duvidando, ou melhor, que eu sou alguma coisa que duvida, sendo que, esta dúvida é uma forma de pensamento. Descartes conclui, assim, que o eu existe indubitavelmente na medida em que é capaz de duvidar e pensar.

Ao fazer esse exercício de pensamento, Descartes conclui que o pensamento é o atributo que pertence ao próprio ser que está pensando e que

“só ele não pode ser separado de mim” (Descartes, 1996, p. 269).

Por conseguinte, Descartes relata que há algo de que posso ter uma firme certeza: *“penso, e portanto existo”*, sendo que essa preposição é *“necessariamente verdadeira todas as vezes que a enuncio ou que a concebo em meu pensamento”* (Descartes, 1996, p. 267)

Assim, ao analisarmos os últimos parágrafos diríamos que, quando Descartes afirma não podermos confiar nos conhecimentos sensíveis e que *“o pensamento é um atributo que me pertence; só ele não pode ser separado de mim”* (Descartes, 1996, p. 269), o homem é, em última análise, uma substância pensante, espiritual, independente da realidade objetiva e verdadeira inquestionavelmente em cada instante em que é pensada.

A proposição *“penso, logo existo”* representa o primado idealista do pensamento sobre a realidade e o fundamento da distinção entre a alma e o corpo.

Ao constatar, graças ao exercício da dúvida, a presença do pensamento ou da consciência, Descartes (1996, p. 270) formula uma pergunta: *“o que sou eu”*? Logo em seguida responde que *“eu sou uma coisa que pensa”*. A essência da substância pensante é a razão. Essa substância, Descartes passa a denominar *res cogitans* (Descartes, 1996, p. 17).

Descartes (1996, p. 283) argumenta que, pelo exercício da dúvida metódica, podemos constatar que quase todas as idéias podem ter sua origem no próprio sujeito pensante. Mas existe uma que só pode ter origem

externa. Tal idéia é a idéia de Deus, como substância infinita, eterna, imutável, independente, absoluta, onisciente e onipotente, criador, não só das coisas existentes, mas também das essências e verdades eternas, como as evidências, as formas matemáticas e os valores morais. Podemos verificar tal idéia na seguinte passagem:

... resta tão-somente a idéia de Deus, na qual é preciso considerar se há algo que não possa ter provindo de mim mesmo? Pelo nome de Deus entendo uma substância infinita, eterna, imutável, independente, onisciente, onipotente e pela qual eu próprio e todas as coisas que são (se é verdade que há coisas que existem) foram criadas e produzidas. Ora, essas vantagens são tão grandes e tão eminentes que, quanto mais atentamente as considero, menos me persuado de que essa idéia possa tirar sua origem de mim tão-somente... (Descartes, 1996, p. 288-289).

Ao admitir a existência de idéias no sujeito, Descartes (1996, p. 280-282) considera que há três espécies distintas de idéias:

- a) *idéias "inatas"*, como as de verdade, justiça, substância, que têm sua origem no sujeito;
- b) *idéias "adventícias"*, originadas pelas coisas exteriores, que têm sua origem no mundo exterior;
- c) e *idéias "factícias"* ou "feitas por mim mesmo", as que são tidas como criações de nossa fantasia, como os monstros fabulosos etc, que têm sua origem em construções do próprio sujeito.

Como já apontamos, a idéia de Deus, segundo Descartes, não

pode ter origem na mente finita do sujeito, pois se houvesse mais realidade no efeito que na sua causa, a realidade suplementar no efeito não seria causada por nada, o que é absurdo. Então, só o próprio Deus, existente, pode ser a causa da idéia de Deus, assim como a causa também do 'eu pensante' que tem essa idéia. Por conseguinte, a idéia de Deus possuindo certos atributos, como a infinitude, que não podem provir de parte alguma, é necessário que ele a tenha posto no intelecto do sujeito (Descartes, 1996, p. 290).

Descartes caracteriza o pensamento como substância imaterial em oposição à substância corporal. A definição de substância para Descartes pode ser encontrada na seguinte passagem:

Toda coisa em que reside imediatamente como em seu sujeito, ou pela qual existe, algo que concebemos, isto é, qualquer propriedade, qualidade ou atributo de que temos em nós real idéia, chama-se substância. Pois não possuímos outra idéia da substância precisamente tomada, salvo que é uma coisa na qual existe formal, ou eminentemente, aquilo que concebemos, ou aquilo que está objetivamente em alguma de nossas idéias, porquanto a luz natural nos ensina que o nada não pode ter nenhum atributo real. (Descartes, 1996, p. 374)

Para Descartes, as substâncias se manifestam por seus modos e atributos; os atributos são aqueles modos que revelam a determinação essencial da substância, isto é, aquilo sem o que uma substância deixaria de ser tal substância.

O ser humano cartesiano é composto de duas substâncias (Descartes, 1996, p. 326):

1) Aquela que constitui o pensamento, chamada por Descartes (1996, p. 374) de *espírito*;

2) Aquela que constitui o *corpo* cujos atributos são: a extensão, os acidentes que pressupõem a extensão, assim como a figura, a situação, o movimento local etc. (Descartes, 1996, p. 374).

O corpo é entendido para Descartes como:

... tudo o que pode ser limitado por alguma figura; que pode ser compreendido em qualquer lugar e preencher um espaço de tal sorte que todo outro corpo dele seja excluído; que pode ser sentido ou pelo tato, ou pela visão, ou pela audição, ou pelo olfato; que pode ser movido de muitas maneiras, não por si mesmo, mas por algo de alheio pelo qual seja tocado e do qual receba a impressão. (Descartes, 1996, p. 268)

Então, podemos dizer que, segundo Descartes, o atributo dos corpos é a extensão e todas as demais determinações como: forma, cor, figura etc, são modos de existir, ou seja, a essência das substâncias corpóreas são a extensão e as propriedades nela implicadas. O atributo do espírito, por sua vez, segundo Descartes (1996, p. 269), é o pensamento.

O dualismo cartesiano reside na pressuposição de que o *espírito* (*res cogitans*) e o *corpo* (*res extensa*) são ambos irreduzíveis entre si e totalmente distintos. Descartes (1996, p. 326) faz uma distinção radical entre corpo e espírito afirmando que:

... embora talvez eu tenha um corpo ao qual estou muito estreitamente conjugado, todavia, já que, de um lado, tenho

uma idéia clara e distinta de mim mesmo, na medida em que sou apenas uma coisa pensante e inextensa, e que, de outro, tenho uma idéia distinta do corpo, na medida em que é apenas uma coisa extensa e que não pensa, é certo que este eu, isto é, minha alma, pela qual eu sou o que sou, é inteira e verdadeiramente distinta de meu corpo e que ela pode ser ou existir sem ele.

Ao observarmos o que já foi descrito poderíamos dizer que à medida em que, para Descartes, o homem é constituído de corpo e alma, sendo o corpo, por definição, material e extenso, e a alma, espiritual e pensante, parece haver, então, entre eles uma dificuldade de comunicação por serem substâncias essencialmente distintas.

Descartes tenta evitar essa dificuldade de comunicação. Para Descartes (1996, p. 329), o homem não é simplesmente a soma do entendimento mais um corpo, mas uma mistura dessas duas substâncias. Tal fato podemos verificar no seguinte trecho da Sexta Meditação:

A natureza me ensina, também, por esses sentimentos de dor, fome, sede etc., que não somente estou alojado em meu corpo, como um piloto em seu navio, mas que, além disso, lhe estou conjugado muito estreitamente e de tal modo confundido e misturado, que componho com ele um único todo. Pois, se assim não fosse, quando meu corpo é ferido não sentiria por isso dor alguma, eu que não sou senão uma coisa pensante, e apenas perceberia esse ferimento pelo entendimento, como o piloto percebe pela vista se algo se rompe em seu navio... todos esses sentimentos de fome, de sede, de dor etc., nada são senão maneiras confusas de pensar que provêm e dependem da união e como que da mistura entre o espírito e o corpo. (Descartes, 1996, p. 328-329)

Segundo Descartes (1996, p. 327), o *espírito* rege e comanda o

corpo. O espírito e o corpo se comunicam entre si de uma maneira singular, pois, conforme Descartes (1996, p. 149), “a alma está verdadeiramente unida ao corpo todo”. No entanto, Descartes afirma que apesar da alma encontrar-se unida a todo o corpo, há nesse corpo uma parte em que ela exerce suas funções mais particularmente do que em todas as outras. Tal parte corporal, descrita por Descartes (1996, p. 150), que tem o privilégio da alma exercer imediatamente nele suas funções é uma glândula muito pequena denominada *glândula pineal*, situada no encéfalo, e dali rege o corpo.

No entanto, Descartes (1996, p. 151-152) utiliza-se de explicações engenhosas, lançando mão de uma ação intermediária, chamada por ele de *spiritus animales*, responsável pelas ligações entre corpo e espírito. Tal ação está a meio caminho entre espírito e corpo e possibilita transmitir ao corpo as ordens da alma (Descartes, 1996, p. 20).

Resumindo, podemos constatar que, para Descartes, o sujeito cognitivo é a soma da *res cogitans* e da *res extensa*, ou seja, o sujeito é composto de duas substâncias primordialmente distintas: o corpo e a alma. No entanto, a alma (ou mente), “exibe poderes de raciocínio que ela impõe ao mundo da experiência sensorial” (Gardner, 1996, p. 67), isto é, a alma é aquela que rege o sujeito, ou melhor ainda, a *res cogitans* tem primazia e dirige toda a *res extensa* em todas as suas atividades.

Tendo, pois, realizado uma síntese da noção cartesiana de sujeito, faremos, na próxima seção, uma análise do sujeito cognitivo na

perspectiva da auto-organização.

SEÇÃO 2 - A concepção de sujeito cognitivo no processo de auto-organização

No término da seção anterior constatamos que, para Descartes (1996, p. 269), é a própria razão quem concebe a verdade, por uma intuição que lhe é própria e a exatidão de uma verdade que é confirmada não pela prática e pela experiência, mas pela clareza e nitidez das nossas idéias. Assim, podemos ver na seguinte passagem que para Descartes, a verdade está no pensamento:

Nada admito agora que não seja necessariamente verdadeiro: nada sou, pois, falando precisamente, senão uma coisa que pensa, isto é, um espírito, um entendimento ou uma razão... Ora, eu sou uma coisa verdadeira e verdadeiramente existente... Eu sou uma coisa que pensa. (Descartes, 1996, p. 269)

Concluimos que, para Descartes, é a alma, essa substância pensante, que constitui o aparato mor do sujeito cognitivo. Ela, por conseguinte, comanda e rege todo o pensamento e a ação do corpo do sujeito, ou seja, o sujeito possui uma *faculdade passiva* capaz de sentir, receber e reconhecer as idéias das coisas sensíveis e uma *faculdade ativa* capaz de formar e produzir essas idéias (Descartes, 1996, p. 327). Desse modo, poderíamos dizer que, no esquema cartesiano, a cognição do sujeito é imposta por um único elemento,

sendo esse a alma. Podemos visualizar, de maneira caricatural, o esquema cognitivo cartesiano na figura 10.

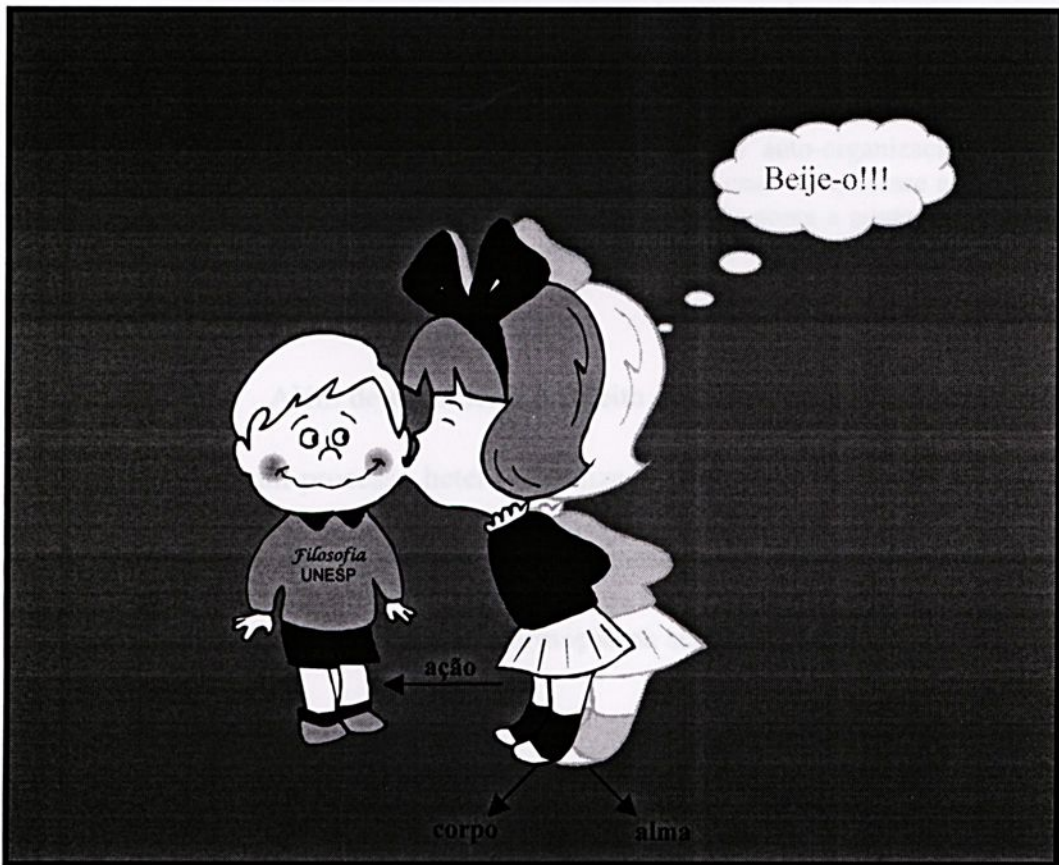


Figura 10. Representação caricatural do sujeito cognitivo cartesiano composto de corpo e alma.

No que se segue, contrastaremos essa concepção de sujeito cognitivo cartesiano com aquela que se estabelece no processo de auto-organização.

Podemos ver, por exemplo, em Debrun (1997, p. 28), como esse autor se posiciona frente à concepção do sujeito como detentor absoluto da razão:

Longe de o **sujeito** ser a figura central — ou sempre central — da auto-organização, podemos constatar, que há certa antinomia entre a idéia de sujeito quando levada ao paroxismo (falando-se em sujeito **absoluto** ou **transcendental**) e a idéia de auto-organização. Um sujeito absoluto, ou quase absoluto, é incompatível com a auto-organização. Pois, se fosse possível um tal sujeito, e caso ele quisesse e pudesse se programar ou se reprogramar de ponta a ponta, sua operação seria na verdade um ato de hetero-organização.

Além de considerar o sujeito cognitivo tradicional como sendo constituído por um processo hetero-organizado, Debrun ressalta que a TAO em seu abarcamento não se resume e nem se esgota no âmbito dos seres vivos (sujeito humano). Constatamos tal afirmação na seguinte passagem:

... mesmo nas modalidades de auto-organização em que a presença do sujeito é importante, (e nem sempre é este o caso, uma vez que temos modalidades da auto-organização que dispensam completamente a noção de sujeito), o que interessa é menos sua atividade cognitiva em si do que a contribuição que ela pode trazer para a constituição de uma **forma**. Esta forma, conforme os casos, pode ser uma nova aptidão ou tendência individual – obtida por aprendizagem, ou um ajuste entre as atividades econômicas, políticas, culturais, esportivas etc. de múltiplos sujeitos ... (Debrun, 1997, p. 28).

Tal posicionamento também pode ser observado nos dizeres de Atlan (1992, p. 113): *“já se vão muitos anos, que a morte do homem foi anunciada”*. O fim do humanismo abordado por Atlan é na realidade o declínio

da representação do sujeito como um sistema fechado detentor único da razão onipotente que explicava, por conseguinte, o resto do mundo. Já diziam os ciberneticistas, como observamos no capítulo 1, que sistemas fechados tendem ao fracasso e à morte.

Assim, Atlan (1992, p. 114) ressalta que os sistemas abertos auto-organizados podem ser os candidatos à sucessão desse sujeito tradicional que dominou os séculos passados.

Esse desalojamento do sujeito cognitivo tradicional do seu pedestal e a possível substituição deste por sistemas auto-organizados, descrito por Atlan, está ilustrado na seguinte passagem:

... O homem que se apaga não somos nós, mas é apenas, como mostrou Foucault, um absoluto imaginário, que desempenhou um papel cômodo no desenvolvimento dos conhecimentos do Ocidente, numa época, aliás, em que o sistema físico por excelência era o sistema fechado — ou até isolado —, em equilíbrio termodinâmico.

Esse homem está em vias de ser substituído por coisas, é certo, *mas nas quais podemos reconhecer-nos*, porque elas podem falar conosco. Em vez de um homem que se toma pela origem absoluta do discurso e da ação sobre as coisas, mas que está, na realidade, separado delas e que conduz inevitavelmente a um universo esquizofrênico, são *coisas* que falam e agem em nós, através de nós, como através de outros sistemas, só que de maneira diferente, e talvez mais aperfeiçoada. (Atlan, 1992, p. 129)

Nesse mesmo contexto, Dupuy (1996, p. 41) afirma que a desconstrução da metafísica da subjetividade, que se iniciou na segunda parte do século XX, desencadeou uma revolução copernicana que vai muito mais longe que o processo filosófico que dominava aquela época. Essa revolução tem como

um dos seus mentores a cibernética, que é a mãe da ciência cognitiva e dos sistemas auto-organizados. Para a ciência cognitiva *“as faculdades da mente são sempre apenas as propriedades de sistemas de processamento de informação”* (Dupuy, 1996, p. 27).

Tanto para os cibernéticos quanto para os cognitivistas, os processos ou funções inteligentes não são somente próprios dos seres humanos (do sujeito). Gardner (1996, p. 91) ressalta que antes das máquinas computadoradas, fazia sentido argumentar que o pensamento só poderia ocorrer em seres humanos, ou em seres com estruturas cerebrais semelhantes à nossa. No entanto, relata Gardner (1996, p. 91) que os computadores demonstraram que:

muitos dos processos que nós teríamos um dia chamado de *‘pensamento’* podem de fato ser realizados por mecanismos que são constituídos por componentes totalmente diferentes (transistores ou válvulas) ao invés de nervos, sangue e tecidos.

Em outras palavras, a inteligência e os estados mentais podem ser realizados em muitos sistemas; nenhuma prioridade é dada, na ciência cognitiva tradicional, à explicação dos processos mentais em termos bioquímicos ou neurológicos.

Atlan, como já mencionamos, argumenta que os sistemas de processamento de informação auto-organizados são fortes candidatos para substituir o sujeito cognitivo tradicional. Tal posição se deve, talvez, ao fato da TAO, mais do que qualquer outra, não atribuir à noção de sujeito um papel

central no processo cognitivo.

Para entendermos com mais clareza o posicionamento dos teóricos da auto-organização em relação ao sujeito, devemos resgatar alguns conceitos básicos da auto-organização que darão subsídios para entendermos o porquê ela não dá e não pode dar ao sujeito um papel central em seu processo de organização.

Numa breve retrospectiva das principais hipóteses da TAO, tal como elaboradas por Debrun (1996b, p. 35-39), podemos sintetizá-las da seguinte maneira:

- a) Elementos distintos se unem por obra do acaso;
- b) Os elementos possuem em geral a mesma força inicial;
- c) Não existe, nos processos de auto-organização, um único elemento central (sujeito) organizador;
- d) O produto do encontro entre elementos realmente distintos requer um mecanismo de ajuste para conectá-los;
- e) Por fim, ajustados os elementos, ocorre a cristalização de uma forma – ao mesmo tempo em que o processo se transforma em um sistema.

Ao observarmos os itens: *a*, *b*, *c*, *d* e *e*, constatamos nesta breve síntese das principais hipóteses da TAO que em nenhum deles relata-se, ou muito menos prioriza-se, um elemento que possui a função absoluta na organização; tampouco, o sujeito humano possui qualquer papel especial aqui.

Quando os estudiosos da TAO referem-se à auto-organização eles enfatizam que esta se dá em sistemas abertos e nunca ressaltam que a auto-organização é prioridade do homem.

Por conseguinte, julgamos que o ponto central na TAO, em especial na proposta por Debrun, reside no destronamento do sujeito transcendental ou absoluto nos processos de auto-organização. Como vimos, este é entendido, na tradição cartesiana, como a instância racional por excelência, possuidor de uma mente imaterial estruturada de acordo com regras lógicas cognoscíveis pelo recurso da introspecção e que comanda as atividades do corpo. A auto-organização, no entanto, não possui, em seu processo de construção de uma forma, um elemento (sujeito) central organizador. Tal idéia está presente, também, em Martins (1998, p. 15), quando a mesma diz que:

... Uma das principais características dos *sistemas auto-organizadores* é o fato de não possuírem um núcleo organizador fixo: sua organização decorre exclusivamente da interação dinâmica entre as partes das quais eles são compostos. Por isso as noções de *eu, indivíduo ou subjetividade* – quando concebidas enquanto *pólo organizador central* de um dado organismo – não podem desempenhar papel relevante em tal contexto. Ao contrário: qualquer princípio centralmente organizado, como o de um sujeito, quando introduzido no sistema, o faz cessar de ser auto-organizado ...

Se estivermos imbricados da noção de sujeito cognitivo tradicional, então, teríamos que admitir que a auto-organização só poderia acontecer pela operação de um sujeito. Nesta perspectiva tradicional seria de se esperar, como ressalta Debrun (1997, p. 27), que: quanto maior o nível (lógico

em particular) de um sujeito, maior seria também sua capacidade de se auto-organizar, de se programar, ou melhor, de se reprogramar. Pelo que vimos até o presente momento, no âmbito da TAO tal idéia é errônea, pois, para que haja auto-organização em um sistema, as partes que o compõem devem exercer uma interação e nenhuma prioridade é dada a uma determinada área desse sistema para que o sistema sempre se auto-organize em sua totalidade.

Dessa maneira, finalizaremos nosso estudo sobre a noção de sujeito cognitivo no processo de auto-organização tomando emprestadas as palavras de Debrun (1997, p. 34):

... a atividade do sujeito – ou, mais exatamente, essa atividade quando é *dona de si*, dominando seus objetos, capaz de reflexividade, de memorização explícita e de projetos – deveria ser recolocada, de um lado, no seu contexto (ou base) orgânico e ambiental para que se possa melhor entender seu funcionamento. E, de outro lado, coteja com atividades cognitivas, em particular a do mesmo sujeito quando, visando seu corpo, fica *perto* dele em vez de sobrevoa-lo (ou tentar sobrevoar) como um objeto externo.

Assim, podemos dizer que, no âmbito da auto-organização, quando falamos de sujeito cognitivo, que é apenas um dos elementos abarcados pela auto-organização, a cognição no sujeito se dá, não como no modo tradicional (sujeito cognitivo cartesiano), onde um elemento único e onipotente é o responsável pela cognição, mas diferentemente, essa cognição é fruto da interação de vários elementos como: tempo, meio ambiente, aspectos físicos, biológicos, químicos, entre outros, ou seja, a cognição do sujeito da auto-

organização está intimamente imbricada e inserida no fluxo da vida desse sujeito. Podemos visualizar, figurativamente, o sujeito cognitivo da auto-organização na figura 11.

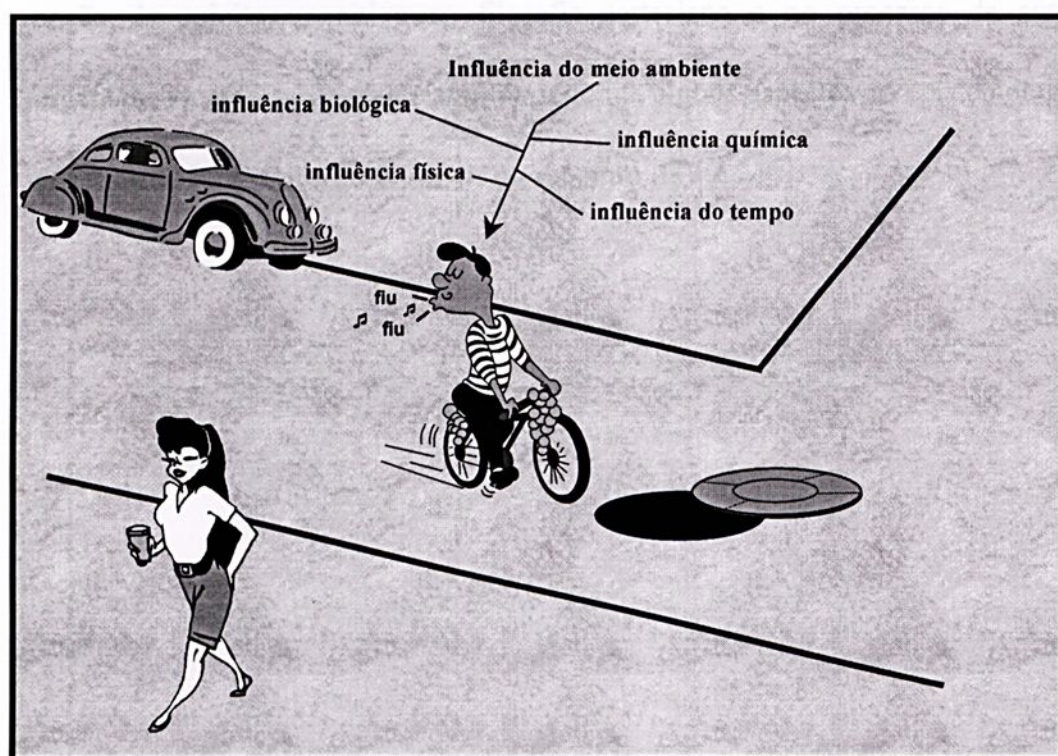


Figura 11. Representação figurativa do sujeito cognitivo da auto-organização, imbricado no universo físico, temporal e cultural em que vive.

Diríamos que o sujeito cognitivo da auto-organização está situado no universo físico, temporal e cultural, entre outros, onde se desenvolvem inúmeras tramas informacionais dos processos naturais. Como aponta pertinentemente Gonzalez (1998, p. 9-10), concluiríamos dizendo que:

[o]... sujeito (um entre outros inúmeros sistemas complexos de processamento de informação) terá sua identidade descrita em termos de processos auto-organizados que se estabelecem através do complexo cruzamento de redes causais e informacionais que moldam a sua memória e a sua forma de perceber o mundo.

Ao chegarmos ao término deste capítulo, tendo caracterizado a noção de sujeito cognitivo na filosofia cartesiana e no processo de auto-organização, analisaremos no capítulo seguinte alguns aspectos da epistemologia genética de Piaget que parecem vir ao encontro da TAO.

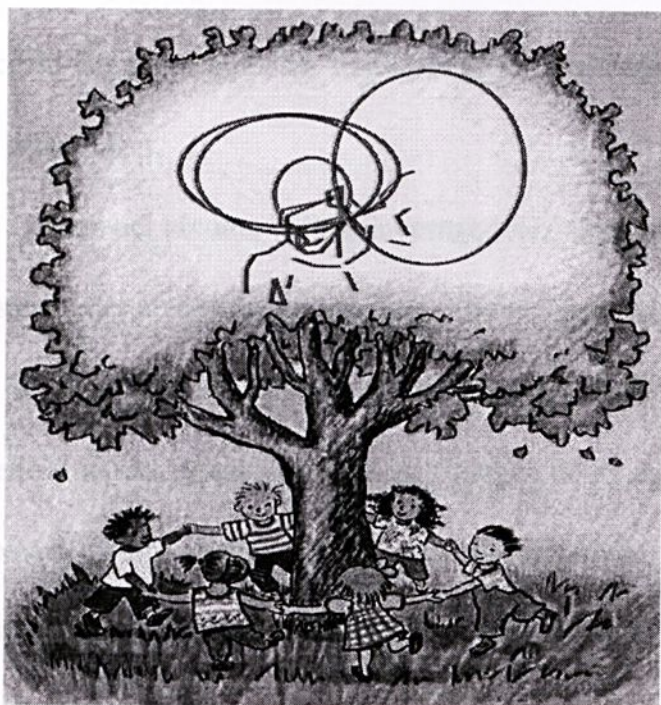
O SUJEITO COGNITIVO PIAGETIANO E A AUTO-ORGANIZAÇÃO

CAPÍTULO 4

O SUJEITO COGNITIVO PIAGETIANO E A AUTO-ORGANIZAÇÃO

*uma epistemologia em conformidade
com os dados da neurociência não poderia
ser formulada sem referência aos dados
da psicologia da criança, mas não
pode servir de base para uma epistemologia
da ciência da criança, pois a psicologia
da criança não é uma ciência da criança.*

Paulo Freire, 1982, p. 200



... uma epistemologia em conformidade com os dados da psicogênese não poderia ser empírista nem pré-formista, mas não pode deixar de ser um construtivismo, com a elaboração contínua de operações e novas estruturas.

Piaget (1983, p. 39)

¹⁰ Empirista etimologicamente significa: [De empirismo + -ista] 1. Pertencente ao relativo ao empirismo. 2. Deixado de partidário do empirismo. Construtivista significa: 1. Relativo ao construtivismo, uma teoria da aprendizagem que tem por base a ideia de que o conhecimento é construído pelo indivíduo a partir de suas experiências. 2. Relativo ao construtivismo, uma teoria da aprendizagem que tem por base a ideia de que o conhecimento é construído pelo indivíduo a partir de suas experiências. (Lima, 1999)

INTRODUÇÃO

Ao prosseguirmos o nosso intento de verificar se TAO se aplica no processo cognitivo humano, finalizaremos a nossa análise nos estudos e trabalhos de Jean Piaget.

Durante séculos muitos investigadores tentaram explicar como se dá o processo de desenvolvimento inteligente no ser humano. Gardner (1998, p. 45-70) faz um histórico das explicações dadas pelos filósofos, lingüistas e psicólogos, dentre outros, ressaltando que os diálogos de Platão e os textos de Aristóteles exemplificam algumas das primeiras tentativas sistemáticas de explorar questões fundamentalmente relacionadas à inteligência.

Após séculos de debates sobre como poderia ocorrer o processo intelectual humano, surgiram dois grupos centrais de pesquisadores com idéias diferentes sobre a mente e as origens do conhecimento: os racionalistas e os empiristas¹⁶. Cada um deles deu origem a ramificações distintas. Assim, por exemplo, oriundo do racionalismo temos: o vitalismo (Piaget, 1975c, p. 25; 1973, p. 122); provenientes do empirismo temos: o lamarkismo, o pré-formismo e o mutacionismo, dentre outros (Piaget, 1975b, p. 25-26; 1973, p. 311-317).

¹⁶ Empirista etimologicamente significa: [De empirismo + -ista.] 1. Pertencente ou relativo ao empirismo. 2. Diz-se de partidário do empirismo.

Empirismo significa etimologicamente: [De empírico + -ismo, seg. o padrão erudito; ingl. empiricism.] 1. Doutrina ou atitude que admite, quanto à origem do conhecimento, que este provenha unicamente da experiência, seja negando a existência de princípios puramente racionais, seja negando que tais princípios, existentes embora, possam, independentemente da experiência, levar ao conhecimento da verdade. [Opõe-se a racionalismo.] (Ferreira, 1999)

Os racionalistas contemporâneos atribuem a influência de suas teorias a Descartes (Gardner, 1998, p. 47), cujas idéias sobre o inatismo do processo cognitivo do sujeito humano já foram desenvolvidas no capítulo anterior.

Os empiristas contestaram ferrenhamente os racionalistas argumentando que a mente é algo corpóreo, proveniente do mundo sensível. Assim, por exemplo, o empirista Hobbes (1997, p. 11) relata que “*a sensação é o princípio do conhecimento*”. Tal idéia é oposta à cartesiana, pois o princípio gerador do conhecimento para Descartes, como vimos, é inato. A não aceitação de princípios inatos pode ser vista, também, em Locke (1997, p. 37-43) onde ele, em seu ensaio acerca do entendimento humano, dedica o seu Livro I à argumentação que não há princípios inatos na mente. Segundo ele (Locke, 1997, p. 57), “*a mente é um papel em branco, desprovida de todos os caracteres, sem nenhuma idéia*” e que é por meio da “*experiência ... que se aprende todos os materiais da razão e do conhecimento*”. Tais idéias foram seguidas por filósofos e psicólogos, dentre eles, James Mill, John Stuart e Herbert Spencer, os quais deram conotações próprias, mas não fugiram da idéia central que consiste em encarar os princípios do entendimento humano como proveniente da experiência.

Tendo, pois, esses dois caminhos para tentarmos entender o processo cognitivo humano podemos perguntar: qual deles Piaget adota como referencial para o seu trabalho? Tal resposta daremos mais adiante.

Tomaremos, neste capítulo, a mesma linha de análise dos

capítulos anteriores. Faremos, na seção 1, um breve sobrevôo no trabalho piagetiano que tenta explicar o desenvolvimento intelectual do sujeito humano. Na seção 2, tentaremos pincelar alguns pressupostos básicos desenvolvidos por Piaget que mostram como ocorre a evolução do processo cognitivo no homem. Na seção 3, analisaremos a possibilidade de aplicação da auto-organização, tal como desenvolvida por Debrun (1997, 1996a, 1996b, 1994), Ashby (1970, 1962, 1952) e Atlan (1992) no processo cognitivo piagetiano.

SEÇÃO 1 - O processo cognitivo na concepção piagetiana

O sistema teórico de Piaget, em sentido mais restrito, segundo Phillips Jr. (1969, p. 8) e Gardner (1998, p. 113), tornou-se uma designação do que os estudiosos chamam de epistemologia genética¹⁷. Tal designação talvez se deva pelo fato do sistema piagetiano ter revelado, desde suas colocações iniciais, uma preocupação constante e prioritária com a gênese¹⁸ do conhecimento (Piaget, 1975b, p. 130) e por ser o sistema teórico-metodológico que abordou, de modo objetivo, esse campo de investigação, submetendo, pela primeira vez na

¹⁷ Epistemologia genética, em sentido amplo, é o estudo da origem e evolução dos mecanismos e processos cognitivos. Sendo a epistemologia o estudo da complexa relação sujeito-objeto na cognição. A epistemologia genética representa o estudo histórico dessa relação, o que envolve o desenvolvimento, desde o começo, da mesma relação e a gênese de cada tipo ou forma de conhecimento. (Ferreira, 1999)

¹⁸ Etimologicamente gênese vem do grego: *gênesis*, pelo latim: *genese*. Subs. fem. 1. Formação dos seres, desde sua origem; geração. 2. Por extensão: Formação, constituição; origem. (Ferreira, 1999)

história da ciência e da psicologia, a aprendizagem a um tratamento experimental sistemático. A conceituação de Piaget envolve uma perspectiva teórica metodológica definida no sentido de um estruturalismo genético.

Piaget, em sua ontogênese, adota um método psicogenético capaz de investigar como surgem e como se desenvolvem os processos cognitivos, da infância à vida adulta. Segundo ele:

A vantagem que um estudo da evolução dos conhecimentos desde suas raízes apresenta ... é oferecer uma resposta à questão mal solucionada do sentido das tentativas cognitivas iniciais. A se restringir às posições clássicas do problema, não se pode, com efeito, senão indagar se toda informação cognitiva emana dos objetos e vem de fora informar o sujeito, como supunha o empirismo tradicional, ou, se, pelo contrário, o sujeito está desde o início munido de estruturas endógenas que ele imporá aos objetos, conforme as diversas variedades de apriorismo ou de inatismo. (Piaget, 1975b, p. 132)

Piaget (1983, p. 39 e 1970, p. 70), em seu sistema teórico, não adota uma postura empirista e nem inatista quanto à ontogênese do conhecimento, mas adota o que ele chama de *construtivismo*, que é uma construção feita pelo sujeito de conhecimento, uma elaboração contínua de operações e de novas estruturas cognitivas.

Assim, ao adotar o construtivismo, ele parece sugerir uma dialética entre empirismo e racionalismo. Essa dialética procura capturar o que Piaget (1983, p. 39) considera valioso em ambas as posições.

No tocante ao empirismo, Piaget (1983, p. 39 e 1975b, p. 157-

159) comenta que sua crítica ao mesmo não consiste em negar o grande papel da experiência no conhecimento, mas à sua interpretação extremista em considerar que o conhecimento resulta de um simples registro de observações, ou seja, em achar que todo o conhecimento se resume apenas aos efeitos da experiência. Para melhor entendimento podemos constatar o posicionamento de Piaget frente ao empirismo na seguinte passagem:

... nenhum conhecimento se deve somente às percepções, pois estas são sempre dirigidas e enquadradas por esquemas de ações. O conhecimento procede, pois, da ação, e toda a ação que se repete ou se generaliza por aplicação a novos objetos gera por isso mesmo um “esquema”, ou seja, uma espécie de conceito prático. A ligação fundamental constitutiva de todo o conhecimento não é, portanto, uma simples *associação* entre os objetos, já que esta noção negligencia a parte de atividade devida ao indivíduo, mas a *assimilação* dos objetos aos esquemas desse indivíduo. Esse processo prolonga, aliás, as diversas formas de “assimilações” biológicas, das quais a assimilação cognitiva é um caso particular, enquanto processo funcional de integração. Em contrapartida, quando os objetos são assimilados aos esquemas de ação, há a obrigação de uma *acomodação* às particularidades desses objetos, e essa acomodação resulta de dados exteriores, logo, da experiência. (Piaget, 1983, p. 39)

Piaget considera essa interação com o meio (experiência) como sendo o que há de mais importante e convergente em seu construtivismo e o empirismo. Por conseguinte, podemos observar que Piaget atribui grande importância à experiência na construção e desenvolvimento do conhecimento, mas recusa a hipótese empirista, segundo a qual o conhecimento é fruto unicamente das percepções.

Por outro lado, em relação ao posicionamento racionalista,

segundo o qual o conhecimento tem uma origem hereditária em estruturas inatas, Piaget (1973, p. 309) é extremamente contundente ao sustentar que “*não existem idéias inatas no sentido dos cartesianos*”. Quando Piaget, em seu sistema teórico, considera não existir idéias cognitivas inatas no ser humano ele, no entanto, ressalta que “*só o funcionamento da inteligência é hereditário, e só gera estruturas mediante uma organização de ações sucessivas, exercidas sobre o objeto*” (Piaget, 1983, p. 39).

Ao que parece, nos relatos que verificamos de Piaget, podemos dizer que o conhecimento em sua ontogênese não é inato (Piaget, 1973, p. 49), não sendo, portanto, concebido como algo predeterminado nas estruturas internas do indivíduo. Pois, segundo Piaget (1975b, p. 129):

... [os conhecimentos] resultam de uma construção efetiva e contínua, [não somente] nos caracteres preexistentes do objeto, pois que estes só são conhecidos graças à mediação necessária dessas estruturas [internas do indivíduo]; e estas estruturas os enriquecem e enquadram ...

O conhecimento, para Piaget, é um imbricamento, um entrelaçamento de fontes internas e externas ao indivíduo. Segundo ele, o conhecimento “*está integrado, em virtude das adaptações hereditárias do organismo, numa rede de relações entre este e o meio*” (Piaget, 1975c, p. 29). Podemos constatar a importância da integração no desenvolvimento do processo cognitivo na seguinte passagem:

... os conhecimentos não partem, com efeito, nem do sujeito (conhecimento somático ou introspecção) nem do objeto (porque a própria percepção contém uma parte considerável de organização), mas das interações entre sujeito e objeto, e de interações inicialmente provocadas pelas atividades espontâneas do organismo tanto quanto pelos estímulos externos. (Piaget, 1973, p. 39-40)

A única maneira da criança descobrir as propriedades físicas dos objetos do mundo exterior é agindo sobre eles e descobrindo como eles reagem em suas interações, ou seja, abstraindo as propriedades dos objetos. Entretanto, para abstrair essas propriedades o sujeito precisa coordená-las e introduzir relações lógico-matemáticas. Assim, uma criança que deixa cair um pano e um chocalho, vê como cada objeto reage diferentemente em cada ação; puxando os objetos, empurrando-os, apertando-os, sacudindo-os, mordendo-os, esfregando-os ao rosto, a criança conhece cada vez mais suas propriedades físicas por meio dos seus sentidos.

Se, para Piaget, a fonte do conhecimento físico provém, de uma certa maneira, dos objetos, por outro lado, a fonte de conhecimento lógico-matemático, provém do sujeito, na medida em que as propriedades deste conhecimento se abstraem da coordenação que se faz sobre os objetos, por exemplo, o número não está em nenhum dos objetos utilizados pela criança. O número é, nada mais que a relação que a criança introduz e impõe aos objetos. A única forma de atingir a conservação é baseada no julgamento de seu raciocínio e não de algo proveniente de fora. Tais estruturas lógico-matemáticas, entretanto, não são inatas, mas construídas pela própria atividade mental da criança.

Em síntese, conforme Piaget (1975a, p. 330), a inteligência “... *não principia, pois, pelo conhecimento do eu nem das coisas como tais, mas pelo da sua interação*”, logo, o desenvolvimento cognitivo decorre da integração realizada pelo próprio sujeito com o meio no qual vive, não podendo ser assim atribuído nem exclusivamente ao seu potencial herdado, nem considerado uma pura ação exterior. O processo cognitivo humano é, pois, resultante da mútua interferência destes dois fatores que não são antagônicos, mas, sim, complementares.

Na próxima seção, analisaremos alguns pressupostos centrais da teoria piagetiana para podermos verificar como ocorre o desenvolvimento cognitivo do sujeito em tal perspectiva teórica.

SEÇÃO 2 - Adaptação e organização no desenvolvimento cognitivo segundo a concepção piagetiana

A perspectiva de Piaget, que considera os fatores endógenos e exógenos como fatores imbricados no desenvolvimento do processo cognitivo, permite-nos enxergar o processo do conhecimento a partir de uma ótica diferente daquelas apresentadas pelos empiristas e racionalistas. A interação sujeito e meio é uma constante na teoria de Piaget. Poderíamos dizer que este é um dos pontos centrais de suas idéias na construção do conhecimento, que está presente,

também, nas hipóteses básicas da TAO, que explicitaremos na seção 3 deste capítulo.

Por ser um biólogo, Piaget, baseou sua teoria numa perspectiva biológica do conhecimento. Podemos verificar sua idéia de desenvolvimento cognitivo à luz da biologia no seguinte trecho:

... os diversos aspectos do comportamento intelectual são reações fenotípicas¹⁹ e um fenótipo é resultado da interação entre o genótipo²⁰ e o meio ... (Piaget, 1973, p. 26)

Constatamos, também, na seguinte passagem, como Piaget constituiu sua teoria em moldes biológicos:

Os processos cognitivos aparecem então simultaneamente como resultante da auto-regulação orgânica, da qual refletem os mecanismos essenciais, e como os órgãos mais diferenciados dessa regulação no âmbito das interações com o exterior ... (Piaget, 1973, p. 38)

A busca de explicações biológicas das construções cognitivas não se resume, segundo Piaget (1983, p. 45), à simples investigação dos fatores de hereditariedade (estruturas pré-formadas), mas, sim, no jogo das regulações de regulações (auto-regulações) que é, por sua própria natureza, eminentemente construtivista e dialética.

¹⁹ Fenótipo geneticamente significa: 1. Característica de um indivíduo, determinada pelo seu genótipo e pelas condições ambientais. (Ferreira, 1999)

²⁰ Genótipo geneticamente significa: 1. Composição gamética total do indivíduo ou zigoto. 2. O conjunto dos genes de um indivíduo. 3. Grupo de indivíduos de igual constituição genética. (Ferreira, 1999)

Para Piaget (1975c, p. 15) a “*vida é uma criação contínua de formas cada vez mais complexas e o estabelecimento de um equilíbrio progressivo com seu meio ambiente*”. A adaptação nesse contexto é essencial. Da mesma forma, de acordo com a TAO, poderíamos dizer que a adaptação é importante para todos os seres vivos, porque quando um ser cessa de se adaptar ao seu meio ele simplesmente se cristaliza ou morre.

Piaget (1975c, p. 15) argumenta que a inteligência é uma adaptação, e que ela é um caso particular da adaptação biológica, sendo, essencialmente, uma organização, sua função consiste em estruturar o universo tal como o organismo estrutura o meio imediato. Assim, diríamos que a inteligência é um processo de adaptação, através do qual o sujeito se ajusta às novidades que continuamente estão a surgir em sua vida.

A noção de adaptação parece ser importantíssima na teoria piagetiana em seu desenvolvimento do processo cognitivo; ela constitui a tarefa primeira da inteligência. Nesse sentido, relata Piaget (1975c, p. 15):

... [que] o organismo adapta-se construindo materialmente novas formas para inseri-las nas do universo, ao passo que a inteligência prolonga tal criação construindo, mentalmente, as estruturas suscetíveis de aplicarem-se às do meio ... (Piaget, 1975c, p. 15-16)

Para que aconteça a adaptação, segundo a teoria de Piaget (1975c, p. 17-19; 1973, p. 199-201), duas funções invariáveis ocorrerão de forma complementar e harmoniosa. Tais funções são: a *assimilação* e a *acomodação*.

Elas regulam a estruturação do pensamento, característica da inteligência do homem.

A *assimilação* corresponde à atividade interna, à incorporação de tudo aquilo que o meio pode oferecer, ou seja, constitui o funcionamento do organismo que, coordenando os dados do meio, os incorpora. Na seguinte passagem, podemos ver o papel da assimilação na adaptação cognitiva:

... a inteligência é *assimilação* na medida em que incorpora nos seus quadros todo e qualquer dado da experiência. Quer se trate do pensamento que, graças ao juízo faz ingressar o novo no conhecimento e reduz assim o universo às suas noções próprias, quer se trate da inteligência sensório-motora que estrutura igualmente as coisas percebidas, integrando-as nos seus esquemas, a adaptação intelectual comporta, em qualquer dos casos, um elemento de assimilação, isto é, de estruturação por incorporação da realidade exterior a formas devidas à atividade do sujeito. Quaisquer que sejam as diferenças de natureza que separam a vida orgânica (a qual elabora materialmente as formas e lhes assimila as substâncias e energias do meio ambiente), a inteligência prática ou sensório motora (a qual organiza os atos e assimila ao esquematismo desses comportamentos motores as diversas situações oferecidas pelo meio) e a inteligência reflexiva ou gnóstica (a qual se contenta em pensar as formas ou construí-las interiormente, para assimilar-lhes o conteúdo da experiência), tanto umas como outras se adaptam assimilando os objetos ao sujeito. (Piaget, 1975c, p. 17-18, nosso sublinhado)

Podemos tentar exemplificar a assimilação do ser humano, segundo o desenvolvimento cognitivo piagetiano, da seguinte maneira: ao nascer, a criança conta somente com os reflexos (por exemplo, sucção), e o exercício deles possibilita, entre outros aspectos, a construção dos esquemas de ação. Os esquemas de ação podem ser definidos pelo que existe de comum, o que se pode pinçar, de um movimento que se aplica a vários objetos: o ato de

sugar em si, representando, por exemplo, o *esquema de sucção*. Estes esquemas se tornam representativos, com o aparecimento da Função Simbólica, e outros mais complexos vão surgindo com as novas aquisições estruturais, capacitando o indivíduo, cada vez mais, a se relacionar com o mundo de maneira sempre mais complexa.

Para que a assimilação possa acontecer é preciso que o próprio sujeito ofereça condições, modificando-se adequadamente. Essa função de modificação, que é o resultado de pressões exercidas pelo meio, Piaget (1975c, p. 18; 1973, p. 199) denominou de *acomodação*. Na teoria piagetina, a acomodação possibilita ao organismo modificar-se a fim de permitir a assimilação.

Exemplificando a acomodação, podemos considerar uma criança com seis meses que utiliza seu esquema de sugar para conhecer vários objetos como sugar o peito, o dedo, a mamadeira. Ao incorporar estes objetos ao seu esquema, ela os assimila. Mas, ao mesmo tempo, o modo de sugar não é exatamente o mesmo nos três casos, cada um impõe uma resistência própria segundo suas características peculiares. O peito tem um mamilo que difere do formato do dedo e do bico da mamadeira. Para a criança conhecer cada um dos objetos é necessário que os assimile e a eles se acomode.

Esses dois processos dinâmicos e complementares, assimilação e acomodação, são de vital importância para que ocorra o desenvolvimento da inteligência no sujeito, por conseguinte, sem a interação dos dois não há

adaptação. Verificamos tal idéia no seguinte trecho:

... sem a assimilação não há adaptação, no sentido biológico do termo. Pode-se dizer metaforicamente que um líquido adapta sua forma à do recipiente, mas não há nisso nenhuma adaptação biológica, porque esta forma nova só constitui um acidente momentâneo, e não se conservará no caso de novo transvasamento, justamente por falta de assimilação a um organização permanente. A adaptação supõe, portanto o equilíbrio entre assimilação e a acomodação, e não simplesmente a acomodação por si só. (Piaget 1973, p. 200)

Piaget (1975c, p. 18) argumenta que, como nessa adaptação exemplificada por ele na última citação, ela e qualquer outra adaptação, como a adaptação intelectual, requer o estabelecimento de um equilíbrio progressivo entre um mecanismo assimilador e uma acomodação complementar.

A existência de uma adaptação, seja ela qual for, pressupõe, para Piaget (1975c, p. 18), a existência de uma organização. A adaptação é o aspecto externo e a organização o aspecto interno. Uma adaptação intelectual gera uma organização do pensamento, ao mesmo tempo que aquela é gerada por esta:

A “concordância do pensamento com as coisas” e a “concordância do pensamento consigo mesmo” exprimem essa dupla invariante funcional da adaptação e da organização. Ora, esses dois aspectos do pensamento são indissociáveis: é adaptando-se às coisas que o pensamento se organiza e é organizando-se que estrutura as coisas. (Piaget, 1975c, p. 19)

Observamos, novamente, dois processos de um mecanismo comum, ou seja, encontramos de novo o duplo fenômeno da totalidade funcional

e interdependência entre a organização e adaptação.

A partir do seu nascimento, o sujeito busca se adaptar, procurando vencer as dificuldades do meio e tentando diferentes formas, ele acabará passando por sucessivas etapas e alcançará os níveis cada vez mais elevados de conhecimento, vivenciando cada um dos períodos de desenvolvimento cognitivo. Piaget (1990) constatou que o desenvolvimento da inteligência podia ser caracterizado por períodos, os quais mostrariam que tipo de estrutura o sujeito estaria usando na sua relação com o mundo. De acordo com Piaget (1990, p. 129), os períodos são uma integração de estruturas sucessivas, onde cada uma conduz à construção da seguinte e que obedecem aos seguintes critérios:

1) a ordem de sucessão é constante, embora as idades médias que os caracterizam possam variar de um indivíduo para outro, conforme o grau de inteligência, ou de um meio social a outro. O desenrolar dos estádios é, portanto capaz de motivar acelerações ou atrasos, mas a ordem de sucessão permanece constante nos domínios (operações etc.) em que se pode falar desses estádios; 2) cada estádio é caracterizado por uma estrutura de conjunto em função da qual se explica as principais reações particulares. Não seria possível, portanto, que a gente se contentasse com uma referência a elas ou se limitasse a apelar para a predominância de tal ou qual caráter ... ; 3) as estruturas de conjunto são integrativas e não se substituem umas às outras: cada uma resulta da precedente, integrando-o na qualidade de estrutura subordinada, e prepara a seguinte, integrando-se a ela mais cedo ou mais tarde. (Piaget, 1990, p. 129-130)

De uma maneira resumida podemos dizer que, segundo Piaget (1990), o sujeito desenvolve seu processo cognitivo vivenciando, paulatinamente, quatro períodos. O primeiro período vai do nascimento até os

dois anos. Nesse período, segundo Piaget (1990, p. 12-29), a criança utiliza-se da inteligência *sensorio-motor*, e todas as suas atividades serão decorrentes da integração de sua capacidade sensorio-motora. O seu desenvolvimento começa a partir do substrato orgânico em suas manifestações motoras. É, principalmente, nesse período de desenvolvimento cognitivo que podemos observar a interdependência entre o processo cognitivo e a evolução física. A velocidade de transformação nestes dois primeiros anos é considerável.

O segundo período de desenvolvimento cognitivo piagetiano vai dos dois aos sete ou oito anos. Piaget (1990, p. 30-79) comenta que, nesse período, a criança utiliza-se da inteligência *simbólica ou pré-operatória*. Constatou que a criança se encontra vivenciando a incrível tarefa de substituir a ausência de raciocínio lógico por outras formas alternativas de pensamento. Nesse período ela começa a ser capaz de representar ao simbolizar e fazer do real e do imaginário uma só coisa muito particular, tornando de algum modo possível a compreensão daquilo que deveria lhe exigir o raciocínio que no momento ele não dispõe. Ou seja, distorcendo o real, ele o recria através de jogos simbólicos altamente pessoais e provenientes de sua própria experiência particular. Participando do mundo, embora ainda não socializada, o sujeito se desenvolve imitando, fantasiando, comunicando-se pela linguagem que é composta do mesmo código usado pelos demais membros do seu grupo, embora nem sempre esteja emprestando às palavras o mesmo significado que os outros lhes atribuem.

Nesse período, a criança prossegue seu desenvolvimento

ligando-se afetivamente às pessoas, desenvolvendo e aprimorando suas capacidades físicas e explorando, com aguçada curiosidade, o mundo que se oferece ao seu conhecimento e à sua descoberta. Por volta dos cinco anos, ela começa a usar uma nova forma de pensamento, a intuição, e a interrogar, de forma mais insistente, o mundo a sua volta. Questiona tudo o que não consegue compreender e elabora uma forma própria de explicação através do filtro pessoal que é a sua percepção.

O terceiro período de desenvolvimento cognitivo começa por volta dos sete, ou oito anos até os doze anos. Segundo Piaget (1990, p. 80-110) a criança, nesse período, utiliza-se da inteligência *operatória concreta*. Ela consegue raciocinar, embora de forma ainda muito limitada, ou seja, apenas de maneira concreta, dispondo dos dados do real de forma material e manipulável. Ela se socializa, estabelecendo grupos, onde troca opiniões, se comunica, realiza tarefas em comum e segue regras de jogos, coisas anteriormente impossíveis de serem obtidas.

O último período de desenvolvimento cognitivo piagetiano começa por volta dos treze anos (Piaget, 1990, p. 111-128). Nesse período o sujeito utiliza-se da inteligência *operatória formal*, ou seja, o sujeito começará a dispensar os dados concretos, a situação real e procurará pensar no plano abstrato, utilizando a lógica hipotética-dedutiva. Tal pensamento lógico-matemático só acontece a partir desse último período e não anteriormente. Os períodos anteriores servem como preparação para se atingir este

desenvolvimento cognitivo.

Observamos, por conseguinte, que a construção e desenvolvimento cognitivo do sujeito, na concepção piagetiana, decorre das interações entre o sujeito e o objeto, não sendo dado *a priori*; o sujeito cognitivo vai se construindo no dia a dia, ou seja, no decorrer da sua vida o desenvolvimento cognitivo ocorre como algo a ser conquistado. Esse interacionismo piagetiano é determinante no decorrer de todo crescimento cognitivo.

Os quatro períodos do desenvolvimento cognitivo e o processo construtivo estão resumidos na seguinte passagem de Piaget (1990, p. 129):

O desenvolvimento mental da criança surge, em síntese, como sucessão de três grandes construções, cada uma das quais prolonga a anterior, reconstruindo-a primeiro num plano novo para ultrapassá-la em seguida, cada vez mais amplamente. Isto já é verdade em relação à primeira, pois a construção dos esquemas sensório-motores prolonga e ultrapassa a das estruturas orgânicas no curso da embriogenia. Depois, a construção das relações simbólicas, do pensamento e das conexões interindividuais interioriza os esquemas de ação, reconstruindo-os no novo plano da representação e ultrapassando-os, até constituir o conjunto das operações concretas e das estruturas de cooperação. Enfim, desde o nível de 11-12 anos, o pensamento formal nascente reestrutura as operações concretas, subordinando-as a estruturas novas, cujo desdobramento se prolongará durante a adolescência e toda a vida ulterior (com muitas outras transformações ainda).

O que garante a passagem de um período a outro são as articulações entre os seguintes fatores da evolução mental:

- 1) O primeiro fator, segundo Piaget (1990, p. 130), é o

crescimento orgânico e, especialmente, a maturação do complexo formado pelo sistema nervoso e dos sistemas endócrinos. Segundo ele, a maturação orgânica constitui fator necessário, desempenhando um papel indispensável na ordem invariante de sucessão dos períodos, mas não explica todo o desenvolvimento e não representa senão um fator entre outros, ou seja, constitui condição necessária, mas não suficiente para o desenvolvimento cognitivo.

2) O segundo fator é o papel do exercício e da experiência adquirida na ação efetuada sobre os objetos. Esse fator, para Piaget (1990, p. 131), é, também, “*essencial e necessário, até na formação das estruturas lógico-matemáticas*”. No entanto, como no primeiro fator, ele é necessário, mas não suficiente para o desenvolvimento cognitivo. O exercício da experiência, conforme Piaget, ocorre de duas maneiras: a) a experiência física, que consiste em agir sobre os objetos para deles abstrair as propriedades, como, por exemplo, comparar dois pesos independentemente dos volumes; b) a experiência lógico-matemática, que consiste em agir sobre os objetos, para conhecer o resultado da coordenação das ações. Piaget (1990, p. 131) dá um exemplo dessa experiência lógico-matemática que podemos verificar na seguinte passagem:

... quando uma criança de 5/6 anos descobre empiricamente que a soma de um conjunto é independente da ordem espacial dos elementos ou de sua enumeração. Nesse ... caso, o conhecimento é abstraído da ação (que ordena ou reúne) e não dos objetos, de tal sorte que a experiência constitui simplesmente a fase prática e quase motora do que será a dedução operatória ulterior: o que já não tem relação alguma com a experiência no sentido de ação do meio exterior porque se trata, ao contrário, de ação construtora exercida pelo sujeito sobre os objetos exteriores.

3) O terceiro fator fundamental, mas, como os dois anteriores, insuficiente por si só para o desenvolvimento cognitivo, é o das interações e transmissões sociais (Piaget, 1990, p. 131). “*A socialização é uma estruturação, para qual o indivíduo contribui tanto quanto dela recebe*” (Piaget, 1990, p. 132), ou seja, as pessoas e a sociedade também são para o sujeito uma fonte de conhecimento que se equivale à fonte de suas ações com seu corpo e com os objetos. Assim como o sujeito tem experiências físicas consigo próprio e com os objetos, e experiências lógico-matemáticas tiradas das relações entre suas ações e os objetos, ele também as tem com as pessoas e com a sociedade. O conhecimento físico e lógico-matemático, fruto dessa interação, garante a preservação da cultura.

4) O último fator fundamental, que une e integra os três fatores anteriores, é o que Piaget (1990, p. 132) denominou de *equilibração*. Ele argumenta que o processo de equilibração é importantíssimo para explicar a evolução do conhecimento, tanto no seu acúmulo, assim como na sua aquisição progressiva. A hipótese da equilibração, como um fator fundamental de integração na evolução cognitiva da vida do sujeito, em seus períodos de desenvolvimento, pode ser verificada nas seguintes palavras de Piaget (1990, p. 132):

... [a equilibração] de fato, [é] observável por ocasião de cada construção parcial e de cada passagem de um estágio ao seguinte: é um processo de equilibração, não no sentido de simples equilíbrio de forças, como em mecânica, ou de aumento de entropia como termodinâmica, mais no sentido,

hoje preciso graças à cibernética, de auto-regulação, isto é, de seqüência de compensações ativas do sujeito em resposta às perturbações exteriores e de regulação ao mesmo tempo retroativa (sistemas de anéis ou *feedbacks*) e antecipadora, que constitui um sistema permanente de tais compensações.

Todos os fatores de evolução que Piaget (1990) destaca têm, como foi descrito, sua influência sobre a estruturação da evolução cognitiva do sujeito, mas o fator mais importante parece ser o da equilibração. Esta constitui uma dinâmica na vida e no desenvolvimento cognitivo do sujeito, sendo conseqüência de reflexões e reconstruções de estados de estruturação paulatinamente mais complexos (Piaget, 1990, p. 134). Os períodos progressivos de desenvolvimento cognitivo não se sucedem apenas, mas se estruturam numa reorganização contínua, ocorrendo um entrelaçamento de capacidades, de tal maneira que qualquer aquisição que o sujeito conseguir em um período será integrada no período posterior, num outro patamar de equilíbrio, o qual terá uma complexidade estrutural maior que a antecedente. Assim, um período é considerado como o de preparação para as aquisições estruturais seguintes e o de acabamento das estruturas adquiridas no período anterior.

A evolução cognitiva do sujeito é conseqüência de uma tendência do desenvolvimento regida por leis de equilíbrio, que exprimem a probabilidade da ocorrência de várias formas possíveis de compensação, em função de condições neurofisiológicas, ambiente físico e social (Piaget, 1990, p. 133). Toda vida do sujeito parece ser um contínuo processo de equilibração.

Podemos constatar tal hipótese na seguinte passagem de Piaget (1967, p. 11):

O desenvolvimento mental, que começa quando nascemos e termina na idade adulta, é comparável ao crescimento orgânico: como este, orienta-se, essencialmente, para o equilíbrio. Da mesma maneira que o corpo está em evolução até atingir um nível relativamente estável, – caracterizado pela conclusão do crescimento e pela maturidade dos órgãos – também a vida mental pode ser concebida como evoluindo na direção de uma forma de equilíbrio final, representada pelo espírito adulto. O desenvolvimento, portanto, é uma equilibração progressiva, uma passagem contínua de um estado de menor equilíbrio para um estado de equilíbrio superior.

Assim, tomando emprestado as idéias de Piaget (1976, p. 41-44), diríamos que o sujeito age em busca do equilíbrio realizando tentativas, compensações, antecipações, retroações, assimilações e acomodações, jogos, imitações, incorporando o real, modificando-o e modificando-se, sempre na tentativa de se adaptar. Essa adaptação possibilita o equilíbrio, sendo que, cada situação de equilíbrio deve corresponder a uma ação desequilibradora que produza a necessidade de se encaminhar para uma nova equilibração. Piaget (1976, p. 35) ressalta que *“todo conhecimento consiste em levantar novos problemas à medida que resolve os precedentes”*.

Conforme ressaltamos nesta seção, segundo Piaget (1983, p. 43), explicar o desenvolvimento cognitivo pela via do empirismo ou do racionalismo parece não ser a maneira correta. Contudo, ele nos mostra a necessidade de se estabelecer, por meio de um equilíbrio, tanto na experiência como nas estruturas internas do sujeito, uma maneira plausível de explicar o processo cognitivo humano. Segundo ele, de um modo geral ... [as explicações] *“não deveriam ser procuradas nem no sentido de uma ação exclusiva do meio,*

nem de uma pré-formação à base de puro inatismo, mas [nas] auto-regulações com funcionamento em circuitos e sua tendência ao equilíbrio” (Piaget, 1975b, p. 163).

Tendo, pois, nesta seção introduzido, de maneira panorâmica as hipóteses piagetianas sobre o desenvolvimento do processo cognitivo, realizaremos, na próxima seção, a verificação da possibilidade de ocorrer a auto-organização, segundo Ashby (1970, 1962, 1952), Debrun (1997, 1996a, 1996b, 1994) e Atlan (1992), no processo cognitivo tal como caracterizado por Piaget.

SEÇÃO 3 - O processo cognitivo piagetiano e a auto-organização

Um dos pontos fundamentais da TAO, que foi apresentada no capítulo 2 deste trabalho, diz respeito à idéia que na construção e desenvolvimento de um processo auto-organizado não pode haver um único elemento, um centro controlador que dirija sempre o processo, pois se isso acontecer não haverá auto-organização, mas, sim, o que Debrun (1996a, p. 12) chama de hetero-organização.

Quando, no capítulo 3, analisamos a teoria cartesiana do conhecimento, concluímos que esta não se aplica no processo cognitivo tal como entendido por Descartes. Essa conclusão é uma decorrência da não efetivação do ponto fundamental exposto no parágrafo anterior, pois, para Descartes, *todo o*

processo cognitivo envolve um centro controlador onipotente.

Em contraste, conforme indicamos na seção 2 deste capítulo, Piaget não admite a existência de um centro controlador absoluto, capaz de dirigir a evolução do conhecimento. Para ele, o conhecimento é uma construção decorrente da interação do sujeito que age sobre os elementos no meio ambiente. Além do que já foi exposto nas seções anteriores, podemos constatar, na seguinte passagem, a não aceitação, na teoria piagetiana, de estrutura pré-formada capaz de dirigir e direcionar o desenvolvimento cognitivo:

... o que os inatistas parecem esquecer de maneira surpreendente é que existe um mecanismo tão geral quanto a hereditariedade e que, num sentido, até a comanda: é a auto-regulação, a qual desempenha um papel em todas as escalas, desde o genoma, e um papel tanto mais importante quanto mais se avizinha dos níveis superiores e do comportamento. A auto-regulação, ... é assim comum aos processos vitais e mentais, ... ; portanto, é nessa direção, e não na da simples hereditariedade, que convém buscar a explicação biológica das construções cognitivas, tanto mais que, pelo jogo das regulações de regulações, a auto-regulações é, por sua própria natureza, eminentemente construtivista (e dialética). (Piaget, 1983, p. 45)

Piaget, como já vimos, não descarta a importância de elementos hereditários, ao contrário, ele entende que *“os fatores relativos ao sistema nos quais podem existir elementos que exercem um papel hereditário, mas não dominam na constituição de um sistema”* (Piaget, 1973, p. 32). Contudo, prossegue ele ressaltando que o processo cognitivo não depende exclusivamente do genoma, mas de uma contínua interação entre sujeito e objeto. Os fatores relativos à hereditariedade, segundo ele, constituem as condições orgânicas necessárias, mas não as condições suficientes, para a

evolução do processo cognitivo do sujeito (Piaget, 1973, p. 38).

Apesar de haver uma hereditariedade inicial, ela serve exclusivamente como uma condição de funcionamento para o desenvolvimento do processo cognitivo. Como afirma Piaget (1983, p. 39): “*só o funcionamento da inteligência é hereditário*” e essa forma é auto-reguladora. Ele salienta que, no caso do desenvolvimento do sujeito, não há plano pré-estabelecido, mas, sim, uma construção progressiva tal que cada inovação só se torna possível em função da precedente. Piaget (1990, p. 132) comenta, ainda, que:

... Poder-se-ia dizer que o plano pré-estabelecido é fornecido pelo modelo do pensamento do adulto, mas a criança não o compreende antes de havê-lo reconstruído e ele mesmo é a resultante de uma construção não interrompida, devida a uma sucessão de gerações, cada uma das quais passou pela infância: a explicação do desenvolvimento deve passar por essas duas dimensões, uma ontogenética e outra social ...

Desta maneira, julgamos que as hipóteses fundamentais da TAO se aplicam no processo cognitivo piagetiano, em particular, nos processos em que ocorre o ajuste espontâneo, sem a influência de um centro controlador único. Segundo Debrun (1996a, p. 11-12), a auto-organização ocorre em sistemas nos quais podem existir elementos que exerçam um papel hegemônico, mas não dominante na constituição de novos patamares no processo. Segundo ele, este papel hegemônico de alguns elementos no processo apenas indica que tais elementos ‘dirigem’, mas necessitam para tanto de ‘solicitar’ aos outros elementos, senão não conseguem nada no processo.

Nossa análise, até agora, esteve voltada para a verificação da possibilidade da aplicação da auto-organização no processo cognitivo piagetiano no tocante a sua influência 'racionalista'. A partir de agora, iniciaremos nossa verificação em relação à outra parte do processo cognitivo piagetiano que é aquela que possui influência 'empirista'²¹, lembrando que tais influências não estão separadas, mas imbricadas no todo do processo cognitivo.

Como já dissemos, o ideário empirista, segundo o qual o sujeito recebe passivamente o conhecimento que lhe é infligido a partir do exterior, é algo repudiado por Piaget. Segundo ele, nessa visão, o sujeito não passa de um registrador de dados externos (Piaget, 1975b, p. 159). Podemos constatar tal rejeição na seguinte passagem:

... as noções de estímulo e resposta devem, mesmo que se se conserva esta linguagem [S→R] que é cômoda, sofrer profundíssimas reorganizações que modificam totalmente sua interpretação. Com efeito, para que o estímulo desencadeie certa resposta, é necessário que o sujeito e seu organismo sejam capazes de a fornecer ... No princípio não está pois o estímulo, mas a sensibilidade ao estímulo e este depende naturalmente da capacidade de dar uma resposta. (Piaget, 1975b, p. 159)

Para ele, então, um estímulo só é um estímulo a partir do momento que o sujeito atua sobre ele assimilando-o a seus conhecimentos anteriores. Assim, no processo cognitivo, não é unicamente o estímulo que age sobre o sujeito, mas também, os atos do sujeito afetam o estímulo. Por

²¹ As aspas nas palavras racionalista e empirista significa que, como demonstramos nas seções anteriores neste capítulo, é um racionalismo e um empirismo entendido diferente do racionalismo e empirismo tradicional.

consequente, Piaget (1975b, p. 159) muda o esquema para $O \leftrightarrow E$ (onde O equivale ao organismo do sujeito e E ao estímulo), pois coloca o organismo em primeiro lugar fazendo o estímulo dependente do processo ativo de assimilação e acomodação no interior do organismo.

Verificamos, assim, que o conhecimento para Piaget é a resultante e o resultado da experiência do sujeito. Tal experiência é dinâmica, envolvendo ação e contínua expansão. No processo cognitivo, o sujeito assimila elementos do mundo exterior e acomodando-se a ele transformando-o ao mesmo tempo que se transforma. Como diz Piaget (1973, p. 39): *“os conhecimentos não constituem uma cópia do meio mas um sistema de interações reais, que refletem a organização auto-reguladora da vida tanto quanto as próprias coisas”*.

Essa dinâmica de interação mútua entre os elementos que são responsáveis pela evolução do processo cognitivo, segundo a teoria piagetiana, é algo que se faz presente, também, nos processos de auto-organização tal como caracterizados pela TAO. Essa hipótese da presença da auto-organização no processo cognitivo, tal como caracterizado por Piaget, tendo como ênfase a dinâmica de interação dos elementos no processo, constitui uma das hipóteses fundamentais de nossa dissertação.

Segundo Debrun (1996a, p. 9), para se constituir uma forma de maneira auto-organizada, essa *“forma não é a resultante passiva do processo”*, mas resulta da interação constante entre os elementos que a constituem. A interação dinâmica entre sujeito e meio ambiente constitui *“o motor principal da*

auto-organização” no caso do ser humano.

Julgamos que esse aspecto básico de interação entre meio ambiente e elementos de um processo auto-organizado, descrito na TAO, constitui, também, uma característica fundamental do processo cognitivo piagetiano. Podemos verificar, no seguinte trecho de Piaget (1990, p. 133), esse mesmo aspecto básico da TAO:

... os fatores dinâmicos fornecem a chave de todo o desenvolvimento mental, e são, afinal de contas, as necessidades de crescer, afirmar-se, amar e ser valorizado que constituem os motores da própria inteligência, tanto quanto das condutas em sua totalidade e em sua crescente complexidade.

Outra característica da auto-organização, que julgamos presente no processo cognitivo piagetiano, é possibilitar a constituição de formas mais complexas. De maneira significativa, diríamos que na interação contínua entre os elementos de um processo eles passam de uma forma simples para uma outra de maior complexidade (auto-organização secundária).

Podemos constatar tal característica no desenvolvimento do processo cognitivo, tal como caracterizado por Piaget, principalmente quando ele nos mostra, de modo extremamente detalhado, como uma criança que possui, numa fase de desenvolvimento, uma inteligência sensório-motora passa, posteriormente, a uma forma de inteligência extraordinariamente mais complexa, como a inteligência lógico-matemática. A figura 12 nos proporciona uma visão, nos moldes piagetianos, da paulatina, crescente, gradativa e integrativa

complexidade da inteligência apresentada pelo sujeito no decorrer de sua vida segundo a visão piagetiana.

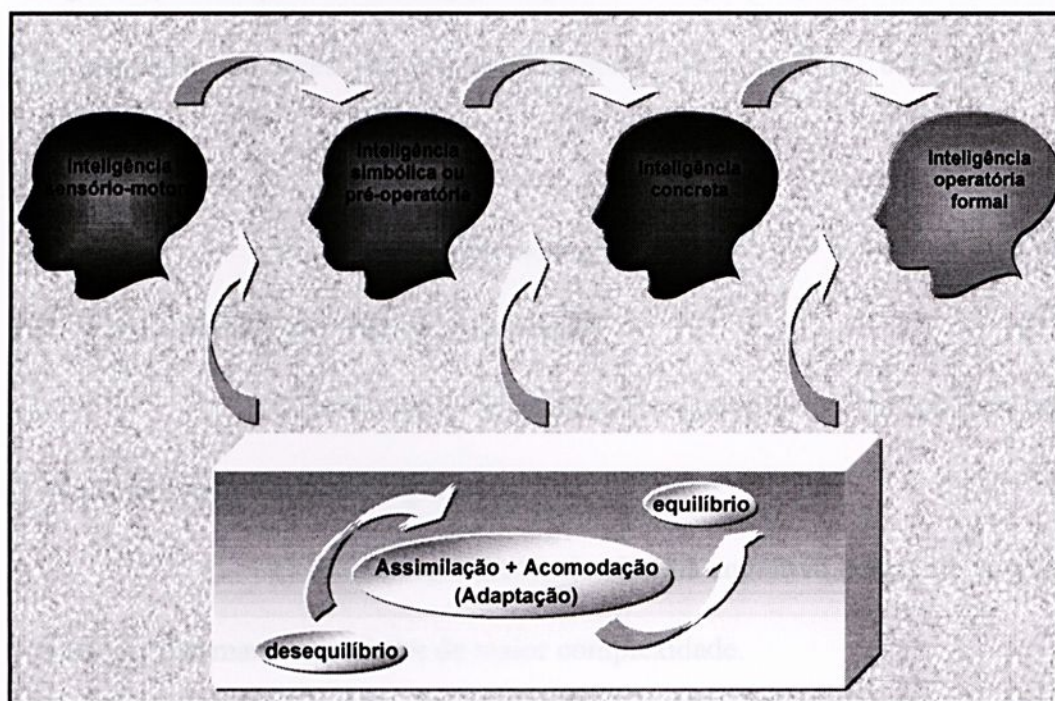


Figura 12. Representação figurativa dos tipos de inteligência que o sujeito possui, conforme os períodos de desenvolvimento cognitivo piagetiano.

A passagem de planos inferiores para planos superiores de complexidade, também, é observada nos processos de auto-organização.

Segundo Debrun (1996a, p. 11):

... no concernente ao que ocorre no organismo diremos que há

auto-organização secundária quando esse organismo consegue passar, a partir de suas próprias operações, exercidas sobre ele próprio, de determinado nível de complexidade – corporal, intelectual, existencial – para um nível superior.

Finalizaremos esta seção, na qual consideramos que a auto-organização se aplica na evolução do processo cognitivo piagetiano, resumindo as seguintes hipóteses que julgamos comuns, tanto na TAO como na teoria piagetiana:

- a) não existe um elemento onipotente que controla e direciona todo o desenvolvimento do processo cognitivo;
- b) existe uma dinâmica auto-organizadora entre os elementos que constituem o sistema cognitivo e
- c) o desenvolvimento do sistema cognitivo ocorre de tal forma a atingir patamares superiores de maior complexidade.

Conforme vimos, tais características representam uma constante no desenvolvimento cognitivo do sujeito nos moldes piagetianos.

Diremos, então, que o desenvolvimento do processo cognitivo, para Piaget, é resultado de um processo de construção e reconstrução permanente, decorrente da ação e interação da criança com o mundo. Desta maneira, é algo que está em permanente *reelaboração*. Poderíamos ressaltar que tal processo está permanentemente se auto-organizando. A figura 13 mostra o contínuo e permanente desenvolvimento cognitivo do sujeito em sua existência.

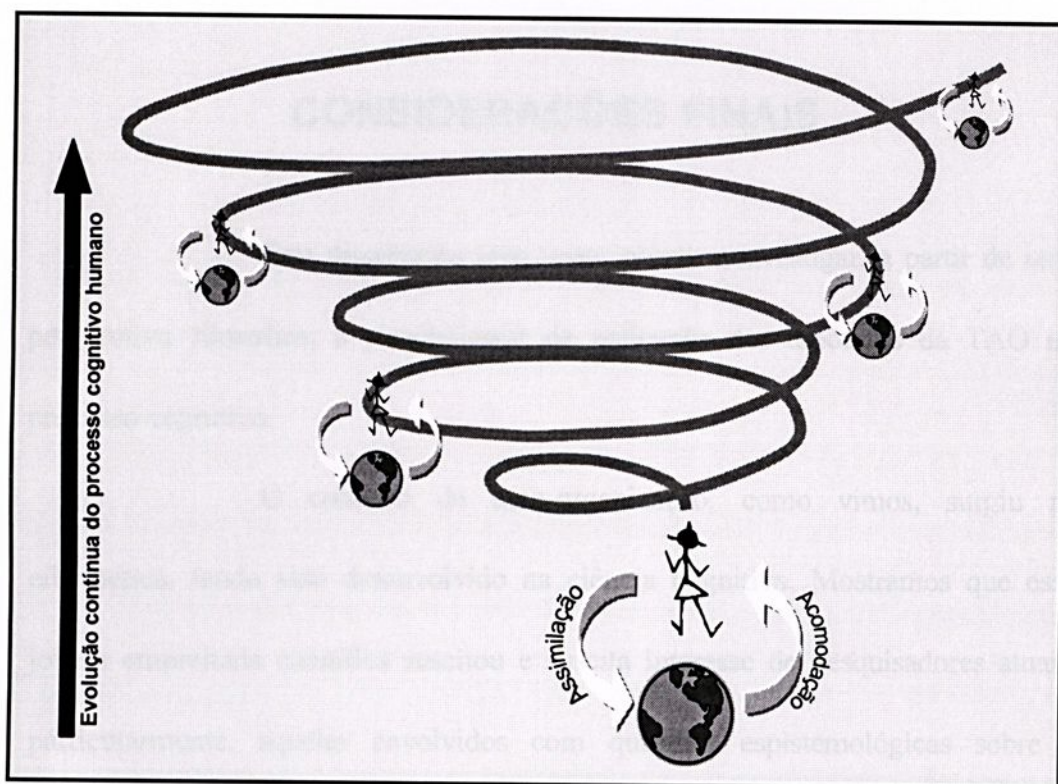


Figura 13. Figura representacional do desenvolvimento evolutivo do sujeito em seu processo cognitivo durante a vida.

Em resumo, neste capítulo procuramos apresentar algumas das principais características da teoria piagetiana do desenvolvimento cognitivo, indicando a existência de uma grande proximidade entre esta e a TAO, desenvolvida por Ashby (1970, 1962, 1952), Debrun (1997, 1996a, 1996b, 1994) e Atlan (1992). Tais características indicam a presença de mecanismos de adaptação, equilíbrio e a ausência de estruturas estabelecidas *a priori* por um centro controlador absoluto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo investigar, a partir de uma perspectiva filosófica, a possibilidade de aplicação das hipóteses da TAO no processo cognitivo.

O conceito de auto-organização, como vimos, surgiu na cibernética, tendo sido desenvolvido na ciência cognitiva. Mostramos que essa jovem empreitada científica suscitou e suscita interesse de pesquisadores atuais, particularmente, aqueles envolvidos com questões epistemológicas sobre a natureza dos processos cognitivos. Verificamos que tais estudiosos pertencem a diversas áreas do conhecimento, entre elas: filosofia, biologia, psicologia, educação, matemática, sociologia. Tais interesses, diversos, pela auto-organização não ocorreram por acaso, visto que — graças à sua natureza interdisciplinar — a TAO, suscita uma revisão sobre a maneira de se enfocar o surgimento e a evolução de processos e sistemas (vivos e não vivos) nas várias áreas do saber.

Constatamos, em nossa verificação bibliográfica, que a TAO possui pressupostos básicos, tais como: a não existência de um elemento que comanda e dirige os processos auto-organizados em seu todo, o dinamismo autônomo do processo em questão, a interação entre os seus elementos, etc. Observamos que uma possível aplicação dessa teoria em processos cognitivos simulados através de computadores não é algo tão simples de ocorrer.

Concluimos que a auto-organização, nos moldes apresentados por Ashby (1970, 1962, 1952), Debrun (1997, 1996a, 1996b, 1994) e Atlan (1992), é impossível de acontecer em processos que se baseiam no desenvolvimento da inteligência como algo pré-estabelecido, inato ou dado *a priori* no ser humano. O enfoque cartesiano do sistema cognitivo foi o que analisamos nessa linha de pensamento. Constatamos que em explicações dessa natureza, como as dadas na concepção cartesiana do conhecimento, acontece como elemento preponderante a hetero-organização e não a auto-organização. Verificamos, também, neste trabalho, que os modelos mecânicos da mente, tal como caracterizados pela IA, que parecem agir inteligentemente estão longe de constituírem um sistema auto-organizado.

Em nossa empreitada fomos constatando a aplicabilidade (ou não) da auto-organização. A nossa verificação da auto-organização em alguns processos cognitivos culminou no estudo das idéias de Piaget sobre a natureza do processo cognitivo. Concluimos que a evolução cognitiva no sujeito humano, tal como descrita por ele, parece vir ao encontro das hipóteses centrais da TAO. Piaget, pelo que vimos, não centraliza e não prioriza um único, exclusivo e onipotente elemento responsável pelo processo cognitivo do sujeito. Em sua epistemologia cognitiva, em contraste com a epistemologia cartesiana, Piaget contesta o inatismo no processo cognitivo. Sua postura leva-nos a entender o processo cognitivo como uma interação constante e dinâmica entre o sujeito e o meio. O conhecimento, para ele, é algo que se constrói, paulatinamente, desde o

início até o término da vida.

Assim, ao notarmos um incessante dinamismo na evolução da cognição, tal como entendida por Piaget, verificamos mais um ponto que se assemelha àqueles processos apresentados pela TAO.

A TAO ao nos proporcionar um enfoque dinâmico, diferente do que vinha sendo dado em alguns ramos da ciência, nos dá a oportunidade de evoluir, progredir e atingir patamares mais complexos do que temos até o presente momento no estudo de fenômenos complexos.

Em nosso trabalho relatamos que vivemos em um momento da história que, poderíamos chamar de a *era das máquinas*. Máquinas que nos ajudam a calcular, produzir, viajar, comunicar, dentre outras coisas. No que se refere à simulação de atividades inteligentes humanas, cientistas (ao projetarem máquinas que tentam realizar esse ensejo) depararam com dificuldades e obstáculos imensos. Observamos nos capítulos 1 e 2 deste trabalho que tais cientistas procuram uma possível solução para essas dificuldades elaborando sistemas que processam informação de maneira auto-organizada. Vale citar, por exemplo, os modelos cognitivos de Redes Neurais Artificiais, analisados no capítulo 2, que utilizam o treinamento supervisionado, o treinamento por reforço e o treinamento não supervisionado. Contudo, procuramos ressaltar que tais modelos conexionistas não foram frutos de inspiração do nada, mas de um modelo vivo chamado homem, possuidor de um cérebro que processa informação de maneira complexa.

(Piaget, 1950, p. 10). Esse ser vivo parece se auto-organizar continuamente para manter sua estabilidade (psico-físico e social), quando isso não acontece o sistema morre. Assim sendo, é plausível o interesse e a tendência dos cientistas de acharem relevantes os aspectos da TAO para o desenvolvimento e progresso de suas futuras máquinas que serão utilizadas como modelos explicativos do comportamento inteligente.

No âmbito da explicação do desenvolvimento e evolução do processo cognitivo, Piaget, com o enfoque que consideramos auto-organizado do processo cognitivo, nos levou a progredir e evoluir nesse ramo da ciência que investiga o processo cognitivo.

Em nosso trabalho, ao tratarmos da auto-organização e do processo cognitivo tentamos salientar o quanto é importante e essencial a visão dinâmica que a TAO nos proporciona para melhor abordarmos e entendermos o processo cognitivo humano. Desta maneira, acreditamos que trabalhos científicos que tentam explicar a evolução cognitiva humana numa ótica auto-organizada são primordiais em nossos dias, pois, comungando com as hipóteses piagetianas de evolução do processo cognitivo, acreditamos que o ser humano é cada vez mais um ser criativo e possuidor de uma liberdade, na medida em que não nasce pronto, mas sim em formação. Como diz Piaget, o desenvolvimento do conhecimento humano é uma construção paulatina que vai se equilibrando, no decorrer da vida, por auto-regulações constituindo, deste modo, o processo formador do conhecimento. Essa construção permite-nos seguir, segundo ele

(Piaget, 1990, p. 134), passo a passo a dinâmica da evolução do conhecimento, não no plano abstrato, mas na dialética viva e vivida dos sujeitos que se acham às voltas, em cada geração, com problemas incessantemente renovados para redundar, às vezes, em soluções que podem ser um pouquinho melhor do que as das gerações precedentes.

A proposta de realizar estudos, na tentativa de explicar como se desenvolve o processo cognitivo, embasados na TAO, foi apenas iniciada em nosso trabalho. As idéias aqui desenvolvidas nos apontam para um horizonte de futuras pesquisas, análises e verificações sobre a complexidade do processo cognitivo, em explicações dadas por outros estudiosos, como, por exemplo, o neopiagetiano Case e Vygotsky. Deste modo, pretendemos ampliar, num futuro próximo, o caminho que aqui começamos.



BIBLIOGRAFIA

ABBAGNANO, N. **História da Filosofia**. Tradução de Antonio Ramos Rosa. Lisboa: Editorial Presença, 1970. v. 6, p. 49-95.

APTER, M. J. **Cibernética e psicologia**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

ASHBY, W. R. **Introdução à cibernética**. Tradução de Gita K. Ghinzberg. São Paulo: Perspectiva, 1970.

_____. Principles of the Self-Organizing System. In: FOESTER, H.; ZOPF, G. W. (Org.). **Principles of Self-Organization**. Oxford: Pergamon, 1962. p. 255-278.

_____. **Design for a Brain**. New York: John Wiley, 1952.

ATLAN, H. **Entre o cristal e a fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editora, 1992.

AZEVEDO, M. C. D' **Cibernética e vida**. Petrópolis: Vozes, 1972.

_____. **Teoria da Informação**. Petrópolis: Vozes, 1971.

_____. **Comunicação, linguagem e automação**. Porto Alegre: Comissão Central de Publicações – UFRGS, 1970.

BENNATON, J. **O que é cibernética**. São Paulo: Brasiliense, 1986. (primeiros passos, 129)

BERNSTEIN, J. **A máquina de pensar**. Rio de Janeiro: Record, 1966.

BUENO, F. S. **Grande dicionário etimológico-prosódico da língua português:** vocábulos, expressões da língua geral e científica-sinônimos, contribuições do Tupi-Guarani. São Paulo: Saraiva, 1968.

CARVALHO, R. L. **Máquina, programa e algoritmos**. Campinas: Unicamp, 1981.

CAUDILL, M. BUTLER, C. **Understanding neural networks**. Cambridge: MIT, 1996. v. 1.

CUNHA, A. G. **Dicionário etimológico Nova Fronteira da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

DAVIS, M. **Computability and Unsolvability**. New York: McGraw-Hill, 1958.

DEBRUN, M. Auto-organização e ciências cognitivas. In: GONZALEZ, M. E. Q. et al. (Org.). **Encontro com as ciências cognitivas**. Marília: UNESP publicações, 1997. p. 27-34.

_____. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JUNIOR, O. (Org.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes**. Campinas: UNICAMP, 1996a. p. 3-23. (CLE, 18).

_____. A dinâmica de auto-organização primária. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JUNIOR, O. (Org.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes**. Campinas: UNICAMP, 1996b. p. 25-59. (CLE, 18).

_____. **Auto-organização**. Campinas: Grupo de Auto-organização/CLE,

Unicamp, 1994. Não publicado.

DECHERT, C. R. O desenvolvimento da cibernética. In: _____. (Coord.). **O impacto social da cibernética**. Rio de Janeiro: Bloch Editores S.A., 1970. p. 21-44.

DESCARTES, R. **Discurso do método, as paixões da alma, meditações, objeções e respostas**. Tradução de J. Guinsburg e Bento Prado Júnior. São Paulo: Nova Cultura, 1996. (Os Pensadores)

DUPUY, J. P. **Nas origens das ciências cognitivas**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: UNESP, 1996.

DUCROCQ, A. **Découverte de la cybernétique**. Paris: René Julliard, 1955.

DURANT, W. **A História da Filosofia**. Tradução de Luiz Carlos Nascimento Silva. São Paulo: Nova Cultura, 1996. (Os Pensadores)

ECO, U. et al. **Los efectos de las comunicaciones de masas**. Buenos Aires: Jorge Alvarez, 1969.

FERREIRA, A. B. H. **Aurélio Eletrônico Século XXI: dicionário da Língua Portuguesa**. Versão 3.0. Direção Geral de Carlos Augusto Lacerda. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. Versão Eletrônica por Lexikon Informática.

FLAVELL, J. H. et al. **Desenvolvimento cognitivo**. Tradução de Cláudia Dornelles. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 1999.

FRANK, H. G. **Cibernática e filosofia**. Tradução de Celeste Aída Galeão. Rio de Janeiro: Edições Tempo Brasileiro, 1970. (Biblioteca Tempo Universitário, 26)

GARDNER, H. et al. **Inteligência: múltiplas perspectivas**. Tradução de Maria Adriana Veríssimo. Veronese. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

_____. **A nova ciência da mente: uma história da revolução cognitiva.** Tradução de Cláudia Malbergier Caon. São Paulo: EDUSP, 1996.

GONZALEZ, M. E. Q. Auto-organização e perspectivismo: algum acréscimo à Ciência Cognitiva. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. (Org.). **Encontros com as ciências cognitivas.** Marília: UNESP publicações, 1998. v. 2, p. 3-13.

_____. Ação, causalidade e ruído nas redes neurais auto-organizadas. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JR., O. (Org.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes.** Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1996. p. 273-297. (CLE, 18)

_____. Um estudo cognitivo-informacional das representações mentais. In: ABRANTES, P. (Org.). **Epistemologia e cognição.** Brasília: Editora UnB, 1994, p. 127-146.

_____. Redes neurais e representação mental: um ensaio sobre harmonia e racionalidade. **Trans/Form/Ação.** São Paulo, v. 14, p. 93-108, 1991.

GUILBAUD, G. T. **La cybernétique.** 2. ed. Paris: Presses universitaires de France, 1954.

HOBBS, T. **Leviatã ou matéria, forma e poder de um estado eclesiástico e civil.** Tradução de João Paulo Monteiro e Maria Beatriz Nizza da Silva. São Paulo: Nova Cultura, 1997. (Os Pensadores)

HODGER, A. **Alan Turing: the enigma.** New York: Touchstone, 1984.

HOPCROFT, J. E. Turing machines. **Scientific American.** New York, v. 250, n. 5. p.70-80, maio, 1984.

LUCKE, T. **Ensaio acerca do entendimento humano**. Tradução de Anoar Aiex. São Paulo: Nova Cultura., 1997. (Os Pensadores)

MACHADO, J. P. **Dicionário etimológico da língua portuguesa**. Lisboa: Confluência, 1952.

MAGNE, A. **Dicionário etimológico da língua latina: famílias de palavras e derivações vernáculas**. Rio de Janeiro: MEC/INL, 1961.

MARTINS, P. M. Auto-organização, Davidson e a questão da identidade. In: GONZALEZ, M. E. Q.; BROENS, M. C. (Org.). **Encontros com as ciências cognitivas**. Marília: UNESP publicações, 1998. v. 2, p. 15-24.

McCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activities. In: ANDERSON, J. A.; ROSENFELD, E. (Org.).

Neurocomputing. Cambridge: MIT, 1998. p.18-27.

MINSKY, M. **Computation: Finite and Infinite Machines**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1967.

MORA, J. F. **Diccionario de Filosofía**. Buenos Aires: Sudamericana, 1958.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Tradução de Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

_____. **O Método I: a natureza da natureza**. Lisboa: Publicações Europa-América, 1977.

NASCENTES, A. **Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Livraria Acadêmica, 1955.

PELLEGRINI, A. M. Auto-organização e desenvolvimento motor. In: DEBRUN,

M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JUNIOR, O., (Org.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes.** Campinas: UNICAMP, 1996. p. 299-318. (CLE, 18)

PEREIRA JR.; A. GONZALEZ, M. E. Q. Informação, organização e linguagem. In: ÉVORA, F. R. R. (Ed.). **Espaço e Tempo.** Campinas: UNICAMP, 1995. p. 245-289. (CLE, 15)

PHILLIPS JR., J. L. **Origens do intelecto: a teoria de Piaget.** Tradução de A. Cretella. São Paulo: Companhia Editorial de São Paulo, EDUSP, 1969. (Atualidades Pedagógicas, v. 106)

PIAGET, J. **A psicologia da criança.** Tradução de Octavio Mendes Cajado. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S. A., 1990.

_____. **Psicogênese dos conhecimentos e seu significado epistemológico.** In: PALMARINI, P. M. (Org.). **Teorias da linguagem, teorias da aprendizagem: o debate entre Jean Piaget & Noam Chomsky.** Tradução de Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, EDUSP, 1983, p. 39-49.

_____. **A equilibrção das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento.** Tradução de Marion Merlone dos Santos Penna. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976. (Ciência da Educação)

_____. **A construção do real na criança.** Tradução de Álvaro Cabral. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores/MEC, 1975a. (Biblioteca de Ciências da educação)

_____. **A Epistemologia Genética; Sabedoria e ilusões da filosofia; Problemas de Psicologia Genética.** Tradução de Nathanael C. Caixeiro. São Paulo: Abril Cultural, 1975b. (Os Pensadores)

_____. **O nascimento da inteligência na criança.** Tradução de Álvaro Cabral. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores/MEC, 1975c. (Biblioteca de Ciências da educação)

_____. **Biologia e conhecimento: ensaio sobre as regulações orgânicas e os processos cognitivos.** Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973. (Coleção Psicologia da Inteligência, 1)

_____. **Inteligencia y adaptación biológica.** In: PIAGET, J. et al. **Los procesos de adaptación:** Simposio organizado por la asociación de psicología de lengua francesa. Buenos Aires: Editorial Proteo, 1970, p. 69-104. (Biblioteca Persona y Sociedad, 21)

_____. **Seis estudos de psicologia.** Tradução de Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima Silva. Rio de Janeiro: Companhia Editora Florense, 1967.

PIGNATARI, D. **Informação, linguagem e comunicação.** São Paulo: Perspectiva, 1968.

PUTMAN, H. The nature of mental states. In: BLOCK, N. (Org.). **Readings in the Philosophy of Psychology.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1980. v. 1, p. 223-231.

RAPP, H. R. **Cibernética e Teologia.** Petrópolis: Vozes, 1970.

RUMELHART, D. E.; McCLELAND, J. L. et al. **Parallel distributed processing: explorations in the microestruture of cognition.** Cambridge: MIT Press, 1986. v. 1.

TURING, A. Computadores e inteligência. In: EPSTEIN, J. (Org.) **Cibernética e**

RUYER, R. **A cibernética e a origem da informação.** Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra S. A., 1972.

SHANNON, C.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. p. 3-125.

SEARLE, J. **A redescoberta da mente**. Tradução de Eduardo Pereira e Ferreira. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

SILVA, J. J. Informação e auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALEZ, M. E. Q.; PESSOA JUNIOR, O. (Org.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais, humanas e artes**. Campinas: UNICAMP, 1996. p. 103-128. (CLE, 18)

SOARES, A. **O que são ciências cognitivas**. São Paulo: Brasiliense, 1993. (primeiros passos, 273)

TEIXEIRA, J. F. **Filosofia da Mente e Inteligência Artificial**. Campinas: UNICAMP, 1996. (CLE, 17)

_____. Robots, Intencionalidade e Inteligência Artificial. In: **Tras/Form/Ação**. São Paulo, v. 14, p. 109-121, 1991.

TENÓRIO, R. M. **Computadores de papel: máquinas abstratas para um ensino concreto**. São Paulo: Cortez, 1991. (polêmicas do nosso tempo, 42)

THAGARD, P. **Mente: introdução à Ciência Cognitiva**. Tradução de Maria Rita Hofmeister. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

TRAKHTENBROT, B. A. Algorithms. In: PYLYSHYN, Z. W. **Perspectives on the Computer Revolution**. Englewood Cliffs: Printice Hall, 1970. p. 69-86.

TURING, A. Computadores e inteligência. In: EPSTEIN, I. (Org.). **Cibernética e comunicação**. São Paulo: Cultrix/EDUSP, 1973. p. 45-82.

VON FOERSTER, H. On Self-organizing Systems and their Environments. In: YOVITY, M. C.; CAMERON, S. (Org.). **Self-organizing Systems**. Oxford: Permamon, 1960, p. 31-50.

WEIZENBAUM, J. **Computer Power and Human Reason**. San Francisco: Freeman, 1976.

WIENER, N. **Cibernética e sociedade: o uso humano de seres humanos**. Tradução de José Paulo Paes. São Paulo: Cultrix, 1993.

_____. **Cibernética: ou controle e comunicação no animal e na máquina**. Tradução de Gita K. Ghinzberg. São Paulo: Polígono/EDUSP, 1970.

WILSON, R. A. KEIL, F. C. **Encyclopedia of the cognitive sciences**. Massachusetts: MIT edited by Robert A. Wilson, Frank C. Keil, 1999, p. 128-129.



