



# ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS

Jorge de Albuquerque Vieira\*

**Resumo:** Pretendemos neste artigo apresentar e discutir o conceito de *Organização* segundo uma perspectiva sistêmica. Acreditamos que tal enfoque facilita e esclarece o estudo da auto-organização e suas aplicações em várias áreas, já que a mesma tem sido desenvolvida em teorias no âmbito de uma Teoria Geral de Sistemas segundo uma abrangência ontológica.

**Palavras-Chave:** Sistema - Organização - Complexidade - Auto-organização - Semiótica

**Abstract:** It's our goal to introduce and discuss the concept of *Organization* in a systemic approach. We believe that such a view helps and clarify the study of auto-organization and its applications in several fields, since this concept has been developed in theories in the domain of a General Systems Theory as a Ontological approach.

**Key-words:** System - Organization - Complexity - Auto-organization - Semiotics

## 1. Introdução: Ontologia e Sistemas

O objetivo deste artigo é apresentar uma visão sistêmica da realidade, apoiada em uma *Teoria Geral de Sistemas* em suas raízes mais ontológicas, enfatizando o conceito de *organização*. Para uma efetiva discussão da auto-organização, parece-nos óbvio que devemos primeiro tentar conceitualizar o termo que origina esse conceito.

Não é nossa pretensão explorar a construção clássica de BERTALANFFY (1986) nem as propostas surgidas a partir da Cibernética de WIENER e ROSEMBLUETH (1970). Assim, por exemplo, não enfatizaremos aspectos relativos aos conceitos de *retroalimentação* ou ainda *homeostase*. Nosso interesse é congregar as contribuições de desenvolvimentos mais recentes na área de sistemas, como por exemplo a termodinâmica dos sistemas abertos longe do equilíbrio (PRIGOGINE, 1984) ou as recentes descobertas na área dos sistemas dinâmicos não lineares em processos de caos determinista, ou ainda as idéias do *princípio da organização a partir do ruído* (ATLAN, 1992). Nas últimas décadas muitas idéias e conceitos têm sido propostos, apontando para um clímax que caracteriza o reconhecimento e a necessidade do estudo da *complexidade*, com uma conseqüente teoria sistêmica da mesma.

Estaremos seguindo a proposta de BUNGE (1979) segundo a qual a Teoria Geral de Sistemas é uma boa candidata ao que poderíamos chamar de *Ontologia Científica*, uma proposta que permitiria uma maior eficiência no tratamento das ciências a partir de suas raízes ontológicas. Nesta introdução estaremos lembrando os conceitos de Ontologia, seus domínios e objetivos e como a Teoria Geral de Sistemas pode aspirar a esse papel.

Segundo a Filosofia clássica (VITA, 1964:24) a Ontologia pode ser definida como "outro nome da Metafísica", o estudo do ser enquanto ser, com independência de suas determinações particulares. Embora a rigor haja diferenças entre as duas áreas, é nesse sentido que estaremos adotando aqui uma certa identificação entre uma "Teoria da Realidade" (Metafísica) com uma "Teoria do Ser ou dos Objetos" (Ontologia). Mais ainda, toda ciência será uma Ontologia Regional, na medida em que trabalha com tipos de objetos específicos.

Estaremos seguindo ainda aproximadamente a proposta de MARIO BUNGE (1977:5) como sendo a Ontologia (ou Metafísica) uma *Cosmologia Geral ou Ciência Geral*: como "a ciência concernente à totalidade da realidade - o que não é o mesmo que a realidade como um todo". Nesse sentido, ainda segundo BUNGE, a Ontologia/Metafísica estuda os traços genéricos de todo modo de ser e vir-a-ser, assim como as características peculiares da maior parte dos existentes. Segundo PEIRCE (1892-93:5), "seu objetivo é estudar as características mais gerais da realidade e dos objetos reais".

Quais seriam assim os temas comuns às discussões ontológicas? São vários: substância, forma, propriedade, coisa, estado, possibilidade, probabilidade e acaso, mudança, evento e processo, espaço, tempo,

\* Professor, Doutor em Comunicação e Semiótica (PUCSP), Professor no Programa de Estudos Pós-Graduados em Comunicação e Semiótica da PUCSP e no Museu Nacional da UFRJ, [jorgeavi@pucsp.br](mailto:jorgeavi@pucsp.br)

evolução... para ser mais exato, uma coleção de conceitos que normalmente são *pressupostos* pelas ciências e cientistas, mas que continuam pertencendo à Filosofia e, muitas vezes, nunca sendo discutidos ou devidamente avaliados por muitos cientistas. Isso significa:

- a) A maioria dos cientistas usa e aplica esses conceitos sem ter, nunca, procurado entender *exatamente* o que eles contêm;
- b) As grandes inovações em ciência exigem um exercício filosófico de natureza proeminentemente ontológica (sempre implicando em um conseqüente exercício gnosiológico): a ciência pode ser então concebida como um sistema aberto com predomínio do conceitual, cujo meio ambiente é basicamente a Ontologia.

Por outro lado, a ciência é um tipo ou forma de conhecimento, obtido a partir do conhecimento geral e apoiado em um conjunto de hipóteses de natureza filosófica. Para uma boa discussão quanto a isso, ver mais uma vez BUNGE (1975:319-330). Dessas hipóteses, podemos ver que necessitamos ao menos de uma gnosiológica e algumas ontológicas. BUNGE relaciona as seguintes hipóteses filosóficas:

- 1) Realismo: A realidade do mundo externo.
- 2) Pluralismo: A realidade tem uma estrutura de vários níveis.
- 3) Determinismo ontológico: Leis. Uma versão ampla. Não deve ser confundido com o determinismo epistemológico. A única coisa que esta hipótese nega é a total ausência da lei, mas admite leis estocásticas, objetividade do acaso, etc.
- 4) Determinismo Epistemológico em uma forma flexível, uma cognoscibilidade limitada.
- 5) Formalismo: A Autonomia da Lógica e da Matemática.

Por exemplo, muitos cientistas adotam uma postura gnosiológica que pode ser expressa como *objetivismo realista crítico*, compatível com o item (1), uma opção gnosiológica habitual naqueles que se dedicam às ciências factuais. Mas admitir uma realidade implica na necessidade de hipóteses ontológicas sobre a mesma. Um conjunto de tais hipóteses, ainda coerente com a proposta do autor citado, e hoje em dia cada vez mais adotado, pode ser:

- a) A realidade é sistêmica.
- b) A realidade é complexa;
- c) A realidade é *legaliforme*.

Parece-nos que a boa atividade científica é facilitada se os cientistas são capazes de perceber e discutir a natureza da ciência e de tais hipóteses. Sabemos que muitos limitam-se, ao longo de toda uma vida profissional, a executar a chamada *ciência normal* (no sentido de THOMAS KHUN, 1978:45), coerentes com o paradigma vigente, sem necessitar de um exercício ontológico. Mas todos os inovadores, todos os que acompanham a emergência de uma nova ciência, todos esses necessitam do exercício filosófico que só pode ser suprido pela Gnosiologia e pela Ontologia, antes mesmo da prática epistemológica.

Nesse contexto, qual a vantagem mais imediata do estudo da Ontologia? É a maior definição, clareza, de conceitos fundamentais como espaço, tempo, matéria e substância, processo, etc., e, mais do que tudo, a possibilidade de comparação entre objetos de ciências específicas (ontologias regionais, VITA, 1964:26; BUNGE, 1977:11) nas tentativas inter e trans-disciplinares. Essa necessidade é flagrante nas ciências da complexidade, que lidam com sistemas complexos em composição, funcionalidade, etc. Como entender um complexo sistema psicossocial contendo, além de pessoas, entidades fundamentais para o sistema mas que transcendem os indivíduos? Sistemas culturais, por exemplo, não podem ser reduzidos aos sistemas humanos que os contêm. A complexidade exige que possamos entender e modelar a interação entre *coisas e processos* de naturezas muitas vezes bem diversas, sob pena de não captação do que há de fundamental nesses sistemas.

É a Ontologia que pode facilitar isso, com seu enfoque em busca do geral e do completo. Por exemplo, se um sistema humano necessita ser estudado, as ontologias regionais, as ciências, podem ser convidadas para tal gerando um conjunto de descrições e/ou representações com uma certa autonomia. Assim, um ser humano pode ser descrito e representado pela Física, pela Química, pela Biologia, pela Psicologia, pela Sociologia... uma visão dada pela Bioquímica terá uma autonomia diversa daquela dada pela Biofísica, ou ainda pela Sociobiologia..., ou seja, mesmo a tentativa de estudos conjugando planos diversos da realidade, contí-



guos ou não, ainda apresentam imagens ou representações, ou ainda explicações, diversas e praticamente autônomas. Mas o que nos interessa conhecer é o *ser humano*, além de suas facetas ou perspectivas, em suas totalidade e plenitude.

Da mesma forma, se um astrofísico quer estudar o Sol, pode construir imagens e representações do mesmo, por exemplo, em praticamente todo o espectro eletromagnético. Na faixa de rádio (radiações quilométricas, decamétricas, centimétricas, milimétricas), no infravermelho distante, no próximo, na "janela" do visível, na transição alfa do hidrogênio, no ultravioleta, nos raios X e gama... cada uma dessas estratégias observacionais fornecerá uma imagem, uma representação, um teor de explicação que terá uma característica própria. No entanto, o que queremos conhecer é o *Sol*, o objeto que permanece por trás de todos esses signos. Este é tipicamente um problema ontológico. O conhecimento em Ontologia pode ajudar cientistas a planejar, entre outras coisas, adequadas observações e medidas segundo novas perspectivas, visando sempre aumentar o repertório das representações do sistema coerentes com a realidade.

Além dos aspectos metodológicos, lutamos também pela melhoria daqueles epistemológico. Nossas teorias são apoiadas em conceitos fundamentais, alguns tomados como primitivos e gerando um núcleo de postulados. O estudo e discussão desses conceitos podem gerar a reformulação de partes da teoria, a elucidação de conceitos complexos pertinentes aos níveis mais elevados desses sistemas conceituais. Sabemos, por exemplo, que a revolução einsteiniana não consistiu em meramente dilatar o alcance da física newtoniana, mas foi um trabalho sobre os conceitos básicos de espaço, tempo e matéria, uma atividade nitidamente ontológica. É comum nossos estudantes de Física atingirem a graduação e mesmo a pós-graduação sem conhecer, por exemplo, quais teorias quanto ao tempo têm embasado as teorias físicas. Não nos basta dizer e aceitar que o tempo é "uma variável *t*" ou aceitar a reversibilidade temporal sem uma discussão filosófica adequada em Termodinâmica e em tudo aquilo que depende desta.

Como sugerido anteriormente, uma das vantagens da prática ontológica é que, ao lidarmos com traços muito gerais de coisas, podemos utilizar os mesmos para fazer comparações e conexões inter e transdisciplinares. O domínio da Ontologia é aquele que é básico e fundamental para o estudo de qualquer objeto e agregados de objetos. E mais uma vez estaremos seguindo a proposta de MARIO BUNGE (1979): se há uma possível teoria científica que possa vir a desempenhar o papel de uma Ontologia científica, essa teoria (na verdade uma proto-teoria) é a Teoria Geral de Sistemas, quando as noções de *coisa* e de *objeto* passam a ser adotadas como sendo relativas a *sistemas*. É sempre importante frisar que esta teoria está ainda em fase de desenvolvimento - nasce basicamente a partir das descobertas da Termodinâmica fenomenológica, na segunda metade do século passado, quando o problema da *Entropia* ressuscita o problema da complexidade e o rompimento de uma postura voltada para o tema da harmonia (para uma boa discussão quanto ao tema da complexidade versus o da simplicidade, ver PRIGOGINE, 1984; para uma discussão quanto a uma *análise temática* ver HOLTON, 1979).

Contribuições das engenharias mecânica, elétrica e eletrônica começaram neste século, a partir do problema da equilibragem de máquinas e posteriormente com a questão da estabilização de redes elétricas e sistemas eletrônicos, assim como o desenvolvimento de servomecanismos. Essa atividade tecnológica gerou ferramentas matemáticas de grande fertilidade em aplicações, propiciando o surgimento da Teoria da Informação em SHANNON e WEAVER e da Cibernética de WIENER e ROSEMBLUETH assim como da Teoria dos Automata de VON NEUMANN. Por outro lado, na área da Mecânica Celeste, os problemas da não linearidade e não integrabilidade em sistemas clássicos já eram do conhecimento de HENRI POINCARÉ, no início do século e logo depois surgem as contribuições do biólogo LUDWIG VON BERTALANFFY, o primeiro grande esforço de uma construção sistêmica e do tratamento da complexidade.

Desenvolvimentos teóricos envolvendo o conceito de sistema prosseguem; escolas surgiram, privilegiando algumas visões científicas e filosóficas, como a escola russa (um bom representante é AVANIR UYEMOV), a tcheca (JIRI ZEMAN e LIBOR KUBAT), a da lógica na Polônia (LESNIEWSKY), e ainda as propostas de filósofos como KENNETH DENBIGH, na Inglaterra, do ecólogo WERNER MENDE na Alemanha, etc. É esse aspecto que queremos enfatizar: em vez de ficarmos restritos às contribuições mais "clássicas", estaremos trabalhando com estas, mais recentes, no referencial de BUNGE, na medida, é claro, em que isso for possível. Nos últimos anos, uma área fértil tem sido desenvolvida envolvendo sistemas complexos e Semiótica: a *Biosemiótica*, onde a interação maior com a Semiótica é dada pelo trabalho de autores como THURE VON UEXKULL, MYRDENE ANDERSON, THOMAS SEBEOK, etc.

Podemos agora frisar um aspecto importante de nossa proposta: a visão que pretendemos apresentar é aplicável a *qualquer* tipo de sistema, o que inclui aqueles típicos das Ciências, aqueles típicos da Filosofia e

aqueles com que lidamos no domínio das Artes. Uma Ontologia que permita, além de construções inter e transdisciplinares, o estudo de sistemas que até bem pouco tempo foram tratados como incompatíveis ou incoerentes, como pertencentes a áreas de conhecimento mesmo antagônicas, a partir da fratura por demais artificial entre *ciências exatas* e *ciências humanas*, por exemplo. O que propomos é que o conceito de *sistema*, em sua fundamentação ontológica, possa vir a lidar com sistemas de alta complexidade, onde Arte, Filosofia e Ciência mesclam-se, como em muitos sistemas culturais.

Adotaremos assim como linha de trabalho a discussão de *definições* do termo Sistema e a partir daí a discussão do que alguns autores chamam *Parâmetros Sistêmicos*. Tais parâmetros formam um conjunto de conceitos gerais o suficiente para a descrição e embasamento de representações de qualquer coisa, satisfazendo o ideal ontológico perseguido. O que teremos então é uma ferramenta que, além de descrever bem qualquer entidade, irá permitir o vislumbre, a percepção, de possíveis traços ou processos associados aos sistemas, características estas que ficariam mais ocultas sem o enfoque sistêmico.

## 2. Sistemas: definições e parâmetros sistêmicos

### 2.1 Sistemas: definições

Como dito anteriormente, para lidar com as questões que envolvem uma visão sistêmica, podemos trabalhar com uma Ontologia Sistêmica, como a proposta por MARIO BUNGE (1977 e 1979). Adotaremos essa visão como ponto de partida em nossas discussões, o que não implica, necessariamente, a adoção de todos os pontos de vista do autor.

Admitiremos assim que a realidade é formada por sistemas abertos, tal que a conectividade entre seus subsistemas, com o conseqüente transporte de informação, gera a condição em que cada subsistema é mediado ou vem a mediar outros, comportando-se como signo, de acordo com a proposta de PEIRCE. Dessa forma, temos a possibilidade de conciliar a visão sistêmica com a semiótica peirceana, o que nos parece uma dilatação ontológica fértil para o estudo da complexidade. Vamos primeiro definir *sistema* segundo a escola russa (AVENIR UYEMOV, 1975:96).

$$(m) S =_{df} [R(m)] P$$

ou seja, um agregado (m) de coisas (qualquer que seja sua natureza) será um sistema S quando por definição existir um conjunto de relações R entre os elementos do agregado de tal forma que venham a partilhar propriedades P. A vantagem dessa definição é que nos permite uma leitura direta da noção de sistema a partir de um de seus parâmetros mais simples, a idéia de *composição*, como expressa pela notação (m), o agregado que formará o sistema. De forma compatível com a formulação de BUNGE, essa definição nos permite raciocinar em termos de Teoria dos Conjuntos. Um outro aspecto positivo da definição de UYEMOV e que não comparece nas definições normalmente encontradas na literatura, é o fato explicitado por P, a ou as propriedades partilhadas, o que permite conectar a visão do Atomismo com a do Holismo, gerando o Sistemismo (BUNGE, 1979:39-43). Ou seja, a transição de um agregado de elementos ou mesmo de sistemas para um sistema de nível mais alto é obtida a partir da *emergência* de propriedades que desaparecem se o novo sistema for decomposto ou *reduzido* aos seus componentes desassociados. Ou seja, essa adoção ontológica opõe-se à idéia do *reduccionismo* ou à crença de que leis naturais vigentes em níveis elevados de complexidade possam ser reduzidas a leis dos níveis inferiores, o que acarretaria nessa regressão que as leis da Física terminassem por ser as únicas básicas e todas as demais sendo derivadas. Pela definição de UYEMOV, não é possível "baixar de nível" sem perder algo, no caso as propriedades partilhadas em um certo nível sistêmico, o que é coerente com uma tese holista, a que diz que "o todo é sempre maior que a reunião das partes".

Lembremos que na referência citada, o autor a lê como "uma multidão de elementos (m) na qual a relação (R) é efetuada com a propriedade (P) previamente fixada". Essa leitura é correta quando pensamos em Teleologia (finalismo, os sistemas evoluem "para algo") ou no caso de sistemas feitos pelos seres humanos, sistemas por nós projetados, quando sabemos *a priori* que propriedades ou objetivos desejamos alcançar. Mas se retirarmos o "previamente fixada" e falarmos somente das propriedades partilhadas, teremos uma noção de sistema não teleológica e que satisfaz aos sistemas naturais de forma plena. Para uma boa discussão quanto ao sentido de "propriedades coletivas ou partilhadas" e a crítica ao reduccionismo, ver BUNGE (1979:41-43).

Uma limitação da definição aqui considerada refere-se ao fato de que sistemas, em escala universal, são sempre *abertos em algum nível*, o que implica que sejam envolvidos por algum outro sistema, que em



Teoria de Sistemas é o chamado *Ambiente*. Na definição de UYEMOV, esse sistema envoltório não é explicitado. E é nesse contexto que apresentaremos uma segunda definição, agora devida a BUNGE (1979:5), que apresenta a vantagem de explicitar essa entidade:

"Seja T um conjunto não vazio. Então a tripla ordenada  $\sigma = \langle C, E, S \rangle$  é (ou representa) um sistema em T se e somente se C e E são subconjuntos mutuamente disjuntos de T (isto é,  $C \cap E = \emptyset$ ), e S é um conjunto não vazio de relações sobre a união de C e E."

Seguindo o desenvolvimento posterior feito pelo autor, vemos que "C" representa uma "coisa" qualquer, o termo aqui empregado em seu sentido ontológico, "E" outra coisa, sendo que a condição de disjunção garante que as duas não apresentem partilha em suas composições mas o conjunto "S" de relações age no interior de "C" e na fronteira, conectando "C" a "E". "C" é o *substratum* do sistema e "E" o seu sistema ambiente. As duas "coisas" são sistemas, têm identidades diversas mas relacionam-se.

## 2.2 Os parâmetros sistêmicos: básicos ou fundamentais e evolutivos

Chamamos parâmetros sistêmicos àquelas características que ocorrem em *todos* os sistemas, independentemente da natureza particular de cada um, ou seja, traços que encontraríamos tanto em uma galáxia quanto em uma sinfonia, por exemplo. Essa generalidade tem um forte apelo ontológico, daí a Teoria Geral de Sistemas ter sido proposta como uma tentativa de Ontologia Científica (BUNGE, 1979). O termo *parâmetro* não parece o melhor, tendo em vista seus significados em contextos bem definidos, como o da Matemática (quantidade que entra na equação de uma curva e se pode fazer variar sem alterar a natureza dessa curva; todo elemento cuja variação de valor altera a solução de um problema sem alterar-lhe a natureza). Mas como tem sido usado na literatura (por exemplo, UYEMOV, 1975), vamos mantê-lo aqui também.

Os parâmetros sistêmicos podem ser divididos em duas classes:

- Básicos ou Fundamentais: aqueles que todo e qualquer sistema possui, independente de processos evolutivos.
- Evolutivos: aqueles que surgem ao longo da evolução, com o passar do tempo, podendo estar presentes em um sistema e não em outro, ou ainda, podendo não estar presentes em um determinado sistema mas podendo vir a emergir no mesmo em algum tempo futuro.

### 2.2.1. Parâmetros básicos ou fundamentais:

São três: Permanência, Ambiente e Autonomia.

#### Permanência:

É o que parece ser o mais fundamental de todos. Vem da pergunta ontológica e cosmológica: o que são as coisas e por que são no tempo? Pode ainda ser expresso com a ajuda de um enunciado na forma de um princípio: "Todas as coisas tendem a permanecer".

No sentido acima, as coisas ou objetos, a partir do momento em que tornam-se existentes, "tentam" durar, tentam permanecer. O equivalente em Biologia seria o termo, vagamente empregado por vezes, "sobrevivência"; diz-se que os seres vivos possuem um "instinto de sobrevivência". Quando pensamos em sistemas menos complexos e anteriores à vida, como o caso dos objetos físicos, astronômicos, encontramos os mesmos durando no tempo, embora a ciência atual não chame a isso de sobrevivência, a não ser metaforicamente. Mas pela discussão cosmológica feita, podemos concluir que, no âmbito de nosso conhecimento científico atual, a permanência dos sistemas é uma solução encontrada pelo Universo para, por sua vez, permanecer: segundo o "Big-Bang", a expansão do Universo implica em uma transformação termodinâmica, com dissipação de energia na forma da expansão e com produção de entropia. É como se o Universo dimensionasse "canais" para que essa transformação seja viabilizada a partir do local, para o global:

"Possibly the structure building processes we can observe locally are mechanisms for the energy dissipation in the large. This means that energy flows organize their own path through matter by structure building."  
(MENDE, 1981:199).

Ou seja, coisas emergem no Universo para satisfazer a termodinâmica global do mesmo; a origem das coisas. Também podemos concluir que, para que coisas venham a emergir para então "tentar" permanecer no



tempo, como canal de viabilização dessa termodinâmica, condições prévias devem ser dadas pelo Universo para que um certo tipo de sistema surja, e não outro. Chamaremos essas condições de *Condições de Permanência*. É visível também que há um meio prévio ao sistema onde essas condições atuem, localmente. Esse também é um sistema, que envolverá e envolve o sistema em questão. Esse sistema envoltório é o chamado *Ambiente*.

**Ambiente:**

Trata-se de um sistema que envolve um determinado sistema. Para que sejam efetivados os mecanismos de produção de sistemas pela termodinâmica universal, é necessário que os sistemas sejam *abertos*, ou seja, troquem matéria, energia e informação com outros; o mais imediato desses costuma ser o seu ambiente. É através dessa interação que um sistema é gerenciado pela evolução universal. É no sistema ambiente que encontramos todo o necessário para trocas entre sistemas, desde energia até cultura, conhecimento, afetividade, tolerância, etc., "estoques" necessários para efetivar os processos de permanência. Sistemas *fechados* trocam energia e informação, mas não a matéria. Sistemas *isolados* nada trocam, sendo praticamente uma impossibilidade ontológica. O que é observado é que todos os sistemas parecem ser abertos em algum nível; sistemas que tendem ao isolamento e perdem contato com o ambiente tendem à morte - casos especiais extremos surgem em biologia e medicina na forma dos chamados "estados de vida latente" (por exemplo, a tuberculose em um organismo saudável pode tender à uma forma quística, latente, "esperando" a ocasião em que o organismo fique debilitado e forneça assim um ambiente adequado à sua proliferação).

Ou seja, o conceito de *sistema aberto* é coerente com aquele de *ambiente*. Como resultado da interação entre o sistema e o seu ambiente, trocas energéticas e entrópicas levam o sistema a internalizar informações, desde diversidade material e energética (os níveis de energia de um átomo; reservas de vitaminas ou gorduras em sistemas vivos, etc.) até diversidade signíca (conhecimento, competência, talento, etc.) de vários tipos. Na medida em que a internalização ocorre, uma espécie de "estoque" é gerado no sistema. É a chamada *Autonomia*.

**Autonomia:**

Os "estoques" mencionados acumulam-se no sistema ao longo do tempo, ou seja, têm uma característica discursiva, se olharmos os processos evolutivos como formas de semiose (a ação do signo, no sentido de CHARLES S. PEIRCE). Os estoques, além de garantirem alguma forma de permanência ou sobrevivência sistêmica, acabam por ter um caráter histórico, gerando o que podemos chamar "função memória" do sistema (BUNGE, 1977:247). Uma função memória conecta o sistema presente ao seu passado, possibilitando possíveis futuros. Em sistemas de baixa complexidade, a memória é simples (como o caso do fenômeno da histerese em sistemas físicos ou o que é descrito por uma "função de transferência" em um circuito elétrico, por exemplo) mas em sistemas complexos ela pode surgir exatamente com o significado a que estamos habituados, como na memória de um ser humano, um complexo processo cerebral e celular. A memória mais marcante em Biologia é sem dúvida aquela do código genético.

Em resumo, sistemas "necessitam" sobreviver, sob a imposição da termodinâmica universal; para isso, "exploram" seus meios ambiente, "trabalhando" os "estoques" adequados a essa permanência. Podemos dizer que há assim uma certa hierarquia entre os 3 parâmetros básicos: primeiro, a permanência; ela é efetiva através do meio ambiente, com a conseqüente elaboração de autonomia, incluindo aí a memória ou o hábito.

**2.2.2. Parâmetros evolutivos**

São assim chamados os parâmetros que exprimem temporalidade nos sistemas. Podemos colocá-los em uma hierarquia também, desde aquele que está associado ao nascimento de um sistema até aquele que demonstra máxima complexidade. São: *Composição, Conectividade, Estrutura, Integralidade, Funcionalidade e Organização*; há ainda aquele parâmetro que surge desde as condições de permanência e acompanha toda a evolução do sistema: o parâmetro livre da *Complexidade*.

**Composição:**

Seja a definição de UYEMOV para sistemas:  $(m)S = \cup [R(m)] P$ , que é lida: "Seja um agregado ou conjunto de coisas (m). Tal agregado ou conjunto será um sistema quando, por definição, existir um conjunto R de relações envolvendo os elementos do agregado de modo que possam partilhar alguma propriedade P".



O parâmetro *Composição* é uma característica do agregado (m). Em termos, consiste naquilo de que é formado o sistema. Associados à composição, podemos discernir os seguintes aspectos:

- **Quantidade:** o número de elementos que compõem o agregado. Pode ser pequeno (uma forma de baixa complexidade) ou grande (uma forma de alta complexidade). Sistemas com grande número de elementos ou subsistemas serão ditos *sinérgicos*.
- **Qualidade:** Consiste na natureza dos elementos. Sistemas formados por um único tipo de elemento terão uma forma de baixa complexidade; formados por elementos de vários tipos, terão uma forma de alta complexidade.
- **Diversidade:** é exatamente o quanto os elementos se diversificam em classes de tipos. A diversidade também pode ser baixa ou alta, com as conseqüentes formas de complexidade.
- **Informação:** Informação é diferença. Do ponto de vista realista, o mero fato da realidade possuir diversidade já lhe dá um caráter informacional. Os sistemas mais complexos terminam por selecionar informação, ou seja, tornam-se sensíveis às diferenças que percebem do meio ambiente e que mais ajudam as suas permanências. Nesse sentido, é como diz GREGORY BATESON (1981:109): "Informação é a diferença que faz a diferença". Sistemas possuindo diversidade são informacionais.
- **Entropia:** se existe informação, existe informação média e, em sistemas naturais, isso costuma implicar em uma medida de entropia. Alta entropia ocorrerá quando os tipos que promovem a diversidade ocorrerem em quantidades aproximadamente iguais (uma forma de homogeneidade); baixa entropia ocorre quando os tipos ocorrerem em quantidades heterogêneas.

Ex: estrelas são compostas por partículas, átomos e campos; sistemas vivos por células, que são subsistemas contendo suas composições, o que inclui o gene, etc. Teorias são compostas por conceitos e sistemas de conceitos, como problemas, hipóteses, leis, dados, evidências, testes, etc.

#### Conectividade:

Parâmetro que exprime a capacidade que os elementos do agregado têm em estabelecer relações ou conexões. A literatura apresenta, como sinônimos de *relações*, termos como: conexões, enlaces, vínculos, "links", etc. BUNGE (1979:6) define conexões (para o caso dos sistemas concretos) como relações físicas, eficientes de tal forma que um elemento (agente) possa efetivamente agir sobre outro (paciente), com a possibilidade de mudança de história dos envolvidos. O termo *relação* é mais geral, definido matematicamente na Teoria dos Conjuntos, sendo sua natureza formal e portanto admitindo o preenchimento de vários níveis de significação. Em nosso texto, falaremos de relações ou conexões como sinônimos. Lembrar que a conectividade pode ter um caráter seletivo, ou seja, sistemas complexos podem agregar certos elementos e negar ou excluir outros, na medida em que isso importe para a sua permanência.

Para DENBIGH (1975:87) as conexões podem ser de 3 tipos: as *ativas* (aquelas que permitem o transporte efetivo de algum tipo de informação); as *indiferentes* (aquelas que comportam-se de forma indiferente ao transporte de algum tipo de informação); as *opostas ou contrárias* (aquelas que bloqueiam o transporte de algum tipo de informação). Notar que, em sistemas complexos, uma mesma conexão pode executar os três papéis, de acordo com a informação envolvida.

As conexões também podem ser estabelecidas em graus variados de intensidade. Um sistema onde as conexões são fortes o suficiente para mantê-lo no tempo será dito *coeso*. Dessa forma temos um aspecto da conectividade que responde por uma forma de estabilidade e permanência sistêmicas, que será chamada *Coesão*. A coesão está próxima, em semiótica, ao conceito de sintaxe, uma propriedade construída sobre o conjunto R de relações. A sintaxe é o conjunto de regras que subjaz às relações.

Ex: talvez a forma mais básica de conectividade e coesão surgida no Universo e ligada diretamente à sua permanência seja o *tempo*, a partir dos vários "eixos" do tempo. A gravitação também faz esse papel desde o início da expansão universal. Nas teorias, a conectividade é lógica, por meio de entidades lógicas.

#### Estrutura:

Mais uma característica associada ao conjunto R. Em Teoria Geral de Sistemas, *estrutura* é, simplesmente, o número de relações estabelecidas no sistema até um determinado instante de tempo. Ou seja, se



fotografarmos o sistema nesse instante e contarmos as relações vigentes, independentes de seu grau de intensidade ou coesão, teremos a estrutura. É comum, na literatura e no chamado senso comum atribuir à *estrutura* propriedades e características de *forma*, além da cardinalidade. Muitas vezes o termo também é confundido com *organização*.

#### Integralidade:

Quando as relações são estabelecidas entre os elementos que vão compor o sistema, em princípio toda e qualquer relação pode ser efetivada. Isso significa que, se tivermos  $N$  elementos, cada um deles poderá ser conectado a  $N-1$  outros; essa operação sendo feita para todos eles irá gerar um número  $N(N-1)$  de conexões. Nesse caso, se um elemento  $a$  é conectado a outro elemento  $b$ , teremos um tipo de relação  $aRb$ . Em alguns casos, teremos comutatividade, ou seja,  $aRb = bRa$ . Mas é comum ocorrer que as relações sejam diferentes, principalmente em sistemas complexos. De modo que o produto  $N(N-1)$  nem poderia ser dividido por dois, para eliminar repetições. E se  $N$  é muito grande, ou  $N \gg 1$ , esse produto pode ser "astronômico".

O que é observado na natureza é que a conectividade age de modo a não conectar todos os elementos entre si, segundo o cálculo acima. O que ocorre é que subconjuntos de elementos sofrem alta conectividade, formando "ilhas" diversas, e essas então são conectadas entre si, tal que, com esse artifício, o número de conexões cai e o sistema não fica coeso demais, no sentido de muito rígido. Isso porque a permanência exige que o sistema seja coeso o suficiente para sobreviver a crises, mas flexível o suficiente para adaptar-se a elas na medida do possível. Ou seja, nem a rigidez total nem a flexibilidade amorfa são desejáveis.

Essa estratégia de gerar ilhas altamente conectadas no interior do sistema significa que este permitiu a emergência de subsistemas. A Integralidade é exatamente o parâmetro que exprime essa configuração por meio de subsistemas. Para DENBIGH (1975:87), a integralidade já é *grau de organização*. Temos assim que, se uma forma da organização, logo uma forma elevada de complexidade, se manifestar, é a partir da formação de sistemas dentro do sistema, subsistemas portanto.

Ex: Os sistemas vivos são o melhor exemplo quanto à integralidade: é visível sua composição em subsistemas com propriedades partilhadas bem demarcadas, como o fígado e a função hepática, o coração e uma função cardíaca, etc. Sistemas mais complexos ainda, como os psicossociais, são também exemplos ricos, como famílias, grupos sociais, empresas, etc.

#### Funcionalidade:

Subsistemas são sistemas, valendo assim para eles a definição já vista. Desse modo, eles apresentam as propriedades  $P$  partilhadas; como temos a possibilidade de muitos subsistemas diversos (uma forma de complexidade) podemos ter muitas propriedades partilhadas e por vezes novas, emergentes: por exemplo, um fígado é um subsistema na integralidade de nosso corpo, formado com uma composição homogênea de células hepáticas, todas elas partilhando a propriedade que é chamada em fisiologia de "função hepática". Em termos, a integralidade permite a emergência dessas propriedades, ou funções, e essa capacidade é a chamada *funcionalidade*.

Ex: ver o item anterior.

#### Organização:

Finalmente, se um sistema, a partir de uma determinada composição, desenvolve sua conectividade, tornando-se progressivamente estruturado, com integralidade e funcionalidade, ele é dito *organizado*. A organização é uma forma elaborada de complexidade, sendo que no momento é a mais elevada que conhecemos. O termo vem do grego *organon*, que significa instrumento e remete à funcionalidade ou papel que cabe a uma parte no todo. Na literatura é comum a confusão entre este parâmetro e o de estrutura. Este último vem do verbo latino *struere*, que significa construir (MATURANA, 1975:169). Vemos que a organização fala das relações que definem o sistema como um todo, enquanto que a estrutura se refere a relações localizadas. Por consequência, esta última está próxima do conceito de *Coesão*, enquanto que a primeira refere-se à *Coerência* sistêmica.

Coesão e estrutura aproximam-se, em Linguística, da idéia de Sintaxe. Coerência e organização aproximam-se da Semântica. É a coerência sistêmica que dá sentido às partes, constituindo o substratum de toda significação, logo da dimensão semântica.



### Complexidade:

O que podemos observar é um crescendo na dificuldade de definir com rigor lógico os parâmetros sistêmicos. Essa dificuldade é maior quando chegamos no nível da organização: a proposta melhor que temos é a de DENBIGH (1975:87), com a idéia de integralidade como grau (quantitativo) de organização. Quando falamos em complexidade, a dificuldade é muito maior. Vimos que em todo processo de emergência sistêmica, desde as condições de permanência que irão permitir o sistema a partir de uma composição básica até a organização, a complexidade está sempre presente. Ela não se prende a nenhum parâmetro e comparece com várias faces.

É comum na literatura que autores tentem associar a complexidade com uma só dessas facetas. Assim, temos alguns que dizem que a complexidade é a entropia, ou ainda o caos... mas a complexidade pode ser o entrópico, o caótico, mas também o organizado, o organizado com qualidade, o estético, o axiológico... e é essa entidade diáfana, mas terrivelmente presente em nossa realidade, que nos cerca cada vez mais e para a qual não temos ainda nenhuma ferramenta teórica efetiva para compreendê-la e talvez um dia elaborá-la.

Uma possível ajuda em lidar com ela seria a proposta de BUNGE (1963): teríamos duas formas de complexidade, a dita ontológica, que se refere à complexidade que existe realmente nas coisas; e a semiótica, que consiste na complexidade de nossas representações das coisas. É o que alguns autores tentam definir, no contexto das ciências da computação, como sendo o "comprimento da lista de instruções de um algoritmo necessário na resolução de um problema". Sabemos que, na programação de computadores, um mesmo problema com uma dificuldade intrínseca pode ser resolvido, em termos de sua programação, por programas diversos em comprimento e eficácia lógica, o que depende do programador. A linha que tenta definir complexidade desta maneira está ignorando a complexidade ontológica e confundindo uma postura objetivista com aquelas subjetivistas ou idealistas.

## 3. Organização e auto-organização

### 3.1. A definição de organização

Na medida em que lidamos com os parâmetros sistêmicos apresentados, notamos que eles formam uma espécie de hierarquia em crescente complexidade, o que se reflete também na dificuldade cada vez maior em defini-los com uma forma lógica precisa. Em autores como BUNGE (1979), por exemplo, notamos que as definições são construídas até o conceito de *estrutura*, mas já as noções de *funcionalidade*, *integralidade* e *organização*, não. O parâmetro *integralidade* é na verdade concebido por DENBIGH (1981:148; 1975:87) e por esse autor considerado como *grau de organização*. A idéia é que a integralidade pode ser escrita:

$$\varphi = f(n, c, x_i)$$

ou seja, a integralidade seria uma função da quantidade  $n$  de subsistemas que compõe o sistema, das conexões efetivas  $c$  entre eles e de uma coleção de pesos  $x_i$  que indicam quantitativamente a importância relativa tanto dos subsistemas quanto das conexões. Em alguns casos mais simples, seria possível escrever:

$$\varphi = nc g(x_i)$$

tal que a integralidade seria o produto do número de subsistemas e das conexões, esse produto multiplicando uma nova função só dependente das "importâncias" dessas entidades. O autor, na referência citada, propõe essa função matemática como uma possibilidade de quantificar o grau de organização de nichos ecológicos. Uma das conclusões chegadas pelo autor é que este parâmetro teria um caráter de não conservação, ou seja, a integralidade no Universo seria sempre crescente. Mas do ponto de vista prático, é inegável a dificuldade em projetar tal tipo de função, principalmente para sistemas de alta complexidade.

Por outro lado, podemos usá-la para adiantar uma tentativa de definição de *Organização*: um sistema será dito organizado quando for composto por subsistemas conectados por relações efetivas (no sentido de DENBIGH, 1975:87) com graus variados de importância tanto nos subsistemas quanto nas conexões, gerando uma totalidade dotada de propriedades irreduzíveis aos subsistemas ou elementos.



Nossa preocupação em tentar uma definição de *organização* deve-se ao fato da existência de muita ambigüidade quanto ao termo, como encontrado na literatura. Há inclusive a ocorrência do uso do termo *ordem* no lugar do mesmo, assim como é muito usado o termo *desordem* para indicar o que, ao menos no caso de sistemas complexos a partir dos vivos, seria *desorganização*. É fácil observar na literatura como, por exemplo, a *entropia* é considerada uma medida ou grandeza representativa da desordem em um sistema, quando na verdade ela aproxima-se mais da "homogeneidade do substrato" de um sistema (UYEMOV, 1975:97). Pela fórmula de SHANNON para a entropia da mensagem, assim como na expressão da entropia na Mecânica Estatística de BOLTZMANN, o que temos é uma média construída pela teoria das probabilidades, tal que a função tende a um máximo quando os signos ou estados físicos tendem à equiprobabilidade, sendo essa efetivamente uma condição de homogeneidade.

É claro que dependendo da complexidade do sistema estudado, podemos ter uma complexidade expressa por uma condição de aleatoriedade, de "desordem", assim como podemos ter uma maior complexidade expressa por uma condição de organização, que não deve ser confundida com ordem. A complexidade, como parâmetro livre, comparece em todos os estágios evolutivos dos sistemas, tal que talvez possamos conceber *organização como uma ordem de alto nível* (DENBIGH, 1975:86). O conceito de *ordem* se aproxima mais de uma forma de congruência com pequenos desvios em relação a um padrão geométrico; já o de *organização* envolve *integralidade*, o que dá um caráter de *organicidade* ao sistema. Citando ainda DENBIGH (1975:83) parece não haver dúvida de que uma célula viva seja mais organizada que um cristal ou um metal, embora os últimos sejam inegavelmente mais ordenados; da mesma forma, há uma diferença nesses parâmetros quando comparamos um papel de parede com um quadro de Rembrandt.

Quando lemos trabalhos de autores tão importantes quanto ILYA PRIGOGINE ou ainda HEINZ VON FOERSTER, caros à compreensão do conceito de *auto-organização*, vemos que eles mesmos trabalham com termos como *ordem* quando na verdade falam de *organização*.

### 3.2 Organização e informação - o conceito de gramaticalidade

Encontramos também alguma ambigüidade quanto aos termos *informação* e *organização* na literatura. Como já observamos, é prática na Física associar entropia à *desordem*; da mesma forma, os autores relacionam a noção de entropia de uma mensagem à sua desordem, ao seu nível de ruído, etc. A primeira coisa a lembrar é quanto à definição de *informação* e *entropia* na Teoria Matemática da Comunicação de SHANNON E WEAVER. A informação pode ser definida como (GOLDMAN, 1968:3,24; COOMBS, 1970:309):

$$I(x) = - \log p(x)$$

ou seja, a informação depende nesse caso da probabilidade de ocorrência  $p(x_i)$  de um evento  $x_i$ , o que torna essa definição bem ajustada ao estudo de *processos estocásticos* e, no caso de linguagens naturais, quando esses últimos são também *aproximadamente ergódicos*. Essa definição é adequada para uma informação associada a um signo. A definição de entropia surge quando SHANNON define uma *informação média* associada a uma mensagem enquanto sistema de signos:

$$S(X) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i)$$

ou seja, uma grandeza de conjunto, de *ensemble*, não de indivíduo, que tende a um máximo em condição de equiprobabilidade, ou seja, homogeneidade na distribuição de probabilidades  $p(x)$ . O primeiro ponto que enfatizamos é como na literatura a entropia, grandeza coletiva, é tomada como informação, grandeza de indivíduo. Ou seja, muitos autores usam o termo *informação*, enunciando a fórmula para  $S(X)$ , sem dizer que trata-se de uma *informação média*. É sempre importante também lembrar que a função  $S(X)$  tem extremos matematicamente determinados: ela tem um mínimo igual a zero quando uma das probabilidades da distribuição vale "1", o que obriga as demais a valerem zero; e um máximo quando todas as probabilidades são iguais, a situação de equiprobabilidade, quando então ela vale  $\log n$ , onde "n" é o número de signos do alfabeto empregado na construção da mensagem.

Sendo a entropia uma quantidade que varia entre 0 e  $\log n$ ,  $n > 0$ , ela não pode ser negativa. É comum encontrar na literatura a palavra "negaentropia", que sugere exatamente uma entropia negativa, sendo assim muitas vezes interpretada. A organização seria gerada a partir de uma negaentropia. Mas o estabelecimento da



organização é um problema de uma termodinâmica de sistemas abertos. Ou seja, a chamada segunda lei da Termodinâmica diz que, para um sistema *isolado* e abandonado a si mesmo, a entropia sempre cresce e quando para de crescer terá atingido um valor máximo, que é índice de equilíbrio termodinâmico. Em sistemas *abertos*, temos uma entropia interna ao sistema,  $S_i$  e aquela externa, do ambiente,  $S_e$ . A segunda lei iria se aplicar à soma  $dS_i + dS_e > 0$ , onde o signo "d" refere-se à variação, no caso temporal. E se a *variação* é decrescente, podemos ter o caso  $-dS_i + dS_e > 0$ , tal que localizadamente temos uma queda na entropia do sistema e uma grande produção de entropia externa, satisfazendo à segunda Lei. Em resumo, *no contexto da formulação de Shannon*, o termo "negaentropia" é mais adequado à variação decrescente da entropia do que a uma entropia negativa. Para uma discussão rica da questão, ver MORIN (1977:71).

Reconhecendo aqui o enorme mérito de um trabalho como "Entre o Cristal e a Fumaça", de ATLAN (1992:45), nele encontramos um conceito de *auto-organização* assim expresso:

"De maneira mais geral, podemos conceber a evolução de sistemas organizados, ou o fenômeno de auto-organização, como um processo de aumento de complexidade, simultaneamente estrutural e funcional, resultante de uma sucessão de desorganizações resgatadas, acompanhadas, em todas as ocasiões, pelo restabelecimento num nível de variedade maior e de redundância mais baixa. Isso pode ser expresso, de maneira bastante simples, com a ajuda da definição exata da redundância no âmbito da teoria da informação".

E a seguir o autor apresenta essa definição de *redundância* usando a entropia (como SHANNON o fez) mas chamando-a *informação*, ou seja, sem dizer que se trata de uma média para assim falar de "redundância mais baixa". Dessa forma, sua conceituação de *auto-organização* é ainda interessante, mas não tem a exatidão proposta. Ela, no entanto, é coerente com a noção de *estrutura dissipativa* de PRIGOGINE (1976, 1980, 1984), já que para este autor a auto-organização emerge de um processo não linear, na termodinâmica dos sistemas abertos afastados do equilíbrio, quando uma "crise" ou como ele denomina, *flutuação*, sofre um crescimento exponencial, torna-se uma *flutuação gigante* e invade todo o sistema, tal que surge um *anel fechado* do tipo

Estrutura ↔ Função

↕ Flutuação ↕

e a flutuação, ou ainda *ruído* no sentido de ATLAN, é uma fonte de organização por *reestruturação* e redimensionamento da *funcionalidade*. Essa presença da *funcionalidade* introduz no conceito a idéia de propriedade partilhada, que já vimos. Para esse último autor, podemos falar de um *Princípio da Organização a partir do Ruído*; PRIGOGINE fala de *Ordem a partir das Flutuações*; e quando os processos não lineares de auto-organização repousam em um caráter de *caos determinista*, encontramos também *A rota para o caos*, denotando os processos de desorganização e por conseqüência de desordem ou ainda *A rota para a ordem*, que julgaríamos melhor se escrita *A rota para a organização* (que é exatamente o proposto por esses autores e mais ainda RENÉ THOM em sua *Teoria das Catástrofes*, no contexto de uma *Topologia* e dos problemas gnosiológicos que isso coloca). As duas rotas caracterizam a termodinâmica dos sistemas abertos, como bem comentado por MORIN (1977). Mas queremos enfatizar exatamente a necessidade de precisão citada por ATLAN em sua obra.

Sempre é interessante frisar o que significa a *Redundância* utilizada por ATLAN em sua conceituação. O senso comum habituou-se, principalmente após SHANNON e o problema da otimização de algoritmos em Ciências Computacionais, a considerar *redundância* como ambigüidade, imprecisão e mesmo como desperdício, *algo que não é necessário*. Claro que isso é válido no contexto da otimização, da engenharia e da economia, etc. Dai a preocupação em ATLAN de falar em aumento de variedade e decréscimo da redundância. Redundância como repetição, como forma de homogeneidade.

Mas lembramos que a redundância pode ser *mera* repetição, como nos sistemas excessivamente ordenados ou quando um signo repete-se em longas seqüências em um texto, mas pode ser também um dos aspectos da *organização*, uma forma de repetição associada à diversidade, por meio da emergência de subsistemas diversos, logo da *integralidade*. Este último parâmetro está associado ao de *organização*. E do ponto de vista semiótico, a redundância, construída como o complemento da entropia relativa àquela que seria máxima, é uma medida de *vigor gramatical*: é essa grandeza que exprime quantitativamente esse vigor, a partir do conceito de *faixa de influências intersimbólicas* (GOLDMAN, 1968:290), ou seja, o grau de dependência gerado por um signo sobre aqueles que o seguem em cadeia, em um texto ou série temporal, que é uma faixa



finita e resulta da gramática, do conjunto de relações vigentes entre os elementos do alfabeto. *Redundância* portanto aparece associada à *Integralidade*, logo à *Organização*, e da mesma forma associada à *Gramática* ou, talvez mais exatamente, uma forma de *gramaticalidade*.

Se partirmos da definição de UYEMOV para sistema, como visto anteriormente, temos:

$$(m)S =_{df} \{R(m)\} P$$

onde (m) é um conjunto de coisas e R(m) um conjunto de relações ou uma *relação* no sentido da Teoria dos Conjuntos, propiciando o surgimento de propriedades partilhadas pelos elementos do conjunto. Seja agora, segundo MARCUS (1978:561), um alfabeto finito de signos, A e seja R um conjunto de relações denotativo de uma sintaxe, tal que o par ordenado

$$G = \langle A, R \rangle$$

seja uma *gramática*. É visível que R(m) é equivalente à G, em sua processualidade. Ou seja, uma gramática implica em signos que se relacionem de certas maneiras mas não de outras. Mas quando isso ocorre, sistemas e subsistemas de signos surgem, compondo um conjunto M de *mensagens*. Podemos agora definir um novo par ordenado,

$$L = \langle G, M \rangle$$

ou seja, uma gramática e as mensagens que origina formam uma *Linguagem*. Mais uma vez, se olharmos o papel de P na definição de sistemas, temos

$$(m)S = [G] P \sim L$$

tal que linguagens são sistemas sógnicos e, se admitirmos uma ontologia como a de CHARLES S. PEIRCE, todos os sistemas são formas de sistemas sógnicos.

Tal tipo de consideração nos diz que: *organização* e *auto-organização*, como observadas em todos os sistemas, notadamente os complexos, são entidades *gramaticais* ou simplesmente *legaliformes*. Satisfazem às *leis* de uma realidade, em uma visão objetivista realista, que em uma adequada Ontologia podem ser consideradas como formas de regras gramaticais. É importante frisar que entre os teóricos mais atuais da Semiótica (SANTAELLA, 1992:144; MERRELL, 1996) existe a percepção de que as formas de *auto-organização*, como pesquisadas por ATLAN, PRIGOGINE, THOM, etc., estão embebidas no conceito de *Semiose*, a ação do signo, quando sistemas sógnicos evoluem no tempo. Como exemplo, basta-nos citar PRIGOGINE:

"Lamentamos que não possamos dedicar espaço suficiente ao trabalho de C. S. Peirce.... A Metafísica de Peirce foi considerada como mais um exemplo de filosofia alienada da realidade. Mas, de fato, o trabalho de Peirce aparece hoje como um passo pioneiro em direção da compreensão do pluralismo envolvido nas leis físicas" (PRIGOGINE, 1984:302-303).

"É difícil evitar a comparação entre as limitações estatísticas produzidas pela associação de uma dinâmica caótica com limiares discretos e o conjunto de "regras gramaticais" que faz a diferença entre uma sequência escrita de maneira aleatória pelo macaco de Borel e um verdadeiro texto." (PRIGOGINE, 1990: 112).

Um exemplo do que PRIGOGINE parece referir-se como "regras gramaticais" e que explicitamos acima segundo o conceito de sistema, ocorre no estudo dos sistemas dinâmicos não lineares. Uma das maneiras mais férteis que temos de estudar um sistema é por meio de suas propriedades. Um sistema aberto apresenta mudanças em suas propriedades ao longo do tempo. Se fixarmos um determinado instante de tempo e observarmos as intensidades dessas propriedades (de preferência, de forma mensurável), teremos o estado em que o sistema está (BUNGE, 1979:20). Podemos então construir um espaço matematicamente, cartesiano, cada um dos eixos escalonado segundo uma das propriedades. Medidas destas serão coordenadas nesse espaço e o número de propriedades trabalhadas dará sua dimensão. Esse é o chamado *espaço de estados*, que fornece uma geometrização da *história* do sistema. Cada conjunto de coordenadas para um certo instante fornecerá um ponto nesse espaço, um *ponto estado*. Uma sucessão de pontos formará uma trajetória, a *história*. Essa é uma ferramenta ótima para descobrir e evidenciar *atratores* e no caso de processos de caos determinista, *atratores estranhos*. O atrator é uma região ou subespaço do espaço de estados para onde convergem assintoticamente as órbitas históricas do sistema.



Imaginemos uma situação onde só podemos medir *uma* propriedade do sistema. Como obter a imagem de um possível atrator? Uma notável proposta de PACKARD (1980:714) é construir o espaço de estados a partir da única série de medidas no tempo, a série temporal  $x_t$  e da mesma série defasada no tempo,  $x_{t+k}$ . Por exemplo, se  $k = 1$ , podemos ter um espaço bidimensional formado por  $x_t$  e  $x_{t+1}$ ; para um espaço tridimensional, acrescentaríamos o eixo  $x_{t+2}$ . Demonstra-se que, se houver um atrator em questão "visível" em dimensionalidades maiores, ele surgirá como um "reflexo" topologicamente equivalente no espaço defasado, pela propriedade matemática de *difeomorfismo*.

Quando construímos, por exemplo, o espaço bidimensional  $x_t \times x_{t+k}$ , onde "X" denota produto cartesiano, vemos que as coordenadas serão dadas por pares ordenados  $\langle x_1, x_2 \rangle$ ,  $\langle x_2, x_3 \rangle$ , etc. Se a série é considerada como um sistema signico unidimensional, um texto, vemos que os pontos-estado assim geometrizados referem-se aos arranjos tomados dois a dois, possíveis na série, ou seja, respeitando as restrições naturais da evolução dos estados do sistema. Temos a geometria de uma redundância de segunda ordem. Se  $k$  é diferente de 1, um defasamento vai ocorrer entre os termos, tal que teremos uma cadeia de estados ou signos, na forma *abcdef...* onde, se  $k = 3$ ,  $x_t = a$  e  $x_{t+k} = d$ , tal que o par ordenado  $\langle a, d \rangle$  contém a sequência *bc*. Ou seja, do ponto de vista da linguística matemática, esse par é o *contexto* de *bc*. Observamos assim que o conceito de *espaços de estados* na Teoria Geral de Sistemas contém um conjunto de características notadamente gramaticais, semióticas (VIEIRA, 1999:153), o que é válido para qualquer processo, não necessariamente só de caos determinista. Pesquisas com esse tipo de espaço são potencialmente férteis para o estudo da *auto-organização*.

#### 4. Considerações finais

Os conceitos de *organização* e *auto-organização* têm um caráter ontológico, comparecendo no estudo de todos os tipos de sistemas, notadamente aqueles complexos e hipercomplexos. A elaboração dos mesmos transcende, portanto, o domínio de Ontologias Regionais, como as ciências, exigindo uma incursão na Ontologia em sua acepção mais completa. Uma proposta na tentativa de construir tal Ontologia em um contexto científico é apresentada por BUNGE (1979) e por nós aqui adotada, ao lado de conceitos e inovações feitas por outros pensadores.

Os conceitos sistêmicos, principalmente a classe dos chamados *parâmetros sistêmicos* vêm sendo usados na literatura por meio de termos por vezes ambíguos ou logicamente imprecisos. Da mesma forma, conceitos como o de *entropia*, além de mal expressos (no caso, como *desordem*) são confundidos com alguns dos sistêmicos, como a *complexidade*. A entropia indica uma forma de complexidade, mas não é ainda esta entidade. Lidamos hoje em dia com dificuldades em definir a *complexidade* com o rigor lógico necessário.

O estudo da *organização* e *auto-organização* exige o desenvolvimento da chamada *Teoria Geral de Sistemas* em um âmbito mais amplo, ontológico, ou seja, de forma mais fundamental ainda do que aquela divisada pelo seu primeiro proponente, LUDWIG VON BERTALANFFY. É necessário frisar que tal proposta encontra-se na verdade em estágio proto-teórico, consistindo hoje em dia em um aglomerado de teorias de vários níveis, parcialmente coerente mas ainda não totalmente - a teoria ainda não apresenta seus subsistemas com a conectividade e coesão necessárias para sua plena e fértil coerência. Mas parece-nos uma atitude, tanto teórica quanto metodológica, de grande potencial a tentativa de elaboração da mesma.

Nas últimas décadas observamos um grande desenvolvimento das idéias de CHARLES SANDERS PEIRCE em sua Semiótica, como uma forma expandida de Lógica e conseqüentemente como uma nova proposta ontológica. Embora ainda sendo um rico e potencial terreno de pesquisa, reconhecemos que há uma profunda conexão entre tal forma de Semiótica e a Teoria Geral de Sistemas. No caso particular dos estudos sobre *Auto-organização*, lembramos que o conceito peirceano de *Semiose* elucidada em muito os processos auto-organizados observados na maioria dos sistemas complexos e hipercomplexos, *qualquer que seja a natureza dos mesmos*. Atualmente tais estudos têm encontrado grande ênfase na Biologia, como na elaboração da *Biosemiótica*, envolvendo áreas como a *zoosemiótica*, *fitosemiótica*, *endosemiótica*, etc., da mesma forma comparecendo no cenário das chamadas *Ciências Cognitivas*, nas suas linhas mestras, o *Cognitivismo* e o *Conexionismo*. Acreditamos assim que um estudo integrando a Semiótica, a Teoria Geral de Sistemas e a Ontologia clássica pode vir a esclarecer os conceitos de auto-organização e complexidade, que têm-se tornado tão caros ao cenário de pesquisa contemporâneo.



## 5. Referências bibliográficas

- ATLAN, Henri. *Entre o Cristal e a Fumaça*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda, 1992.
- BATESON, Gregory. *Mind and Nature*. New York: Bantam Books, 1980.
- BERTALANFFY, Ludwig von. *General Systems Theory*. New York: Braziller, 1986.
- BUNGE, Mario. *The Myth of Simplicity*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1963.
- \_\_\_\_\_. *La Investigacion Científica*. Barcelona: Ariel Ed, 1976.
- \_\_\_\_\_. *Treatise on Basic Philosophy - Vol. 3* - Amsterdam: D. Reidel Publ. Co., 1977.
- \_\_\_\_\_. *Treatise on Basic Philosophy - Vol. 4* - Amsterdam: D. Reidel Publ. Co., 1979.
- COOMBS, Clyde; DAWES, Robyn; TVERSKY, Amos. *Mathematical Psychology*. Englewoods Cliffs: Prentice-Hall Inc., 1970.
- DENBIGH, Kenneth. A non-conserved function for organized systems. In: *Entropy and Information in Science and Philosophy*. KUBAT, Libor e ZEMAN, Jiri (Eds). Praga: Elsevier Scient. Publ. Co., 83, 1975.
- \_\_\_\_\_. *Three Concepts of Time*. Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- HOLTON, Gerald. *A Imaginação Científica*. Rio de Janeiro: Zahar Ed., 1979.
- KUHN, Thomas. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- MARCUS, Solomon. Mathematical and Computational Linguistics and Poetics. *Revue Roumaine de Linguistique*, Tome XXIII N. 1-4, 559-589.
- MATURANA, Humberto. Estratégias Cognitivas. In: *A Unidade do Homem, vol. II: O Cérebro Humano e seus Universais*. MORIN, Edgar e PIATTELLI PALMARINI, Máximo (Eds). São Paulo: Cultrix, 148, 1978.
- MENDE, Werner. Structure-building phenomena in systems with power-products forces. In: *Chaos and Order in Nature*, HAKEN, Hermann (Ed). Berlin: Springer-Verlag, 196, 1981.
- MERRELL, Floyd. *Sign Grow*. Toronto: University of Toronto Press, 1996.
- MORIN, Edgar. *O Método - Vol. I: A natureza da Natureza*. Mira-Sintra: Publicações Europa-América, 1977.
- NEUMANN, John von. *Theory of Self-Reproducing Automata*. Urbana: University of Illinois Press, 1966.
- PACKARD, Norman; CRUTCHFIELD, James; FARMER, Doyne; SHAW, Robert. Geometry From a Time Series. *Physical Review Letters*, Vol. 45, N. 9, 712-716.
- PEIRCE, Charles. S. *Scientific Metaphysics. Vol. VI of Collected Papers*. HARTSHORNE, Charles e WEISS, Paul (Eds). Cambridge: Harvard University Press, 1935.
- POINCARÉ, Henri. *Science and Method*. New York: Dover Publ., 1952.
- PRIGOGINE, Ilya. Order through fluctuations. In: *Evolution and Consciousness: Human systems in transition*, JANTISCH, Erich. and WADDINGTON, Paul (Eds). London: Addison-Wesley Publ. Co., 1976.
- PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *A Nova Aliança*. Brasília: Editora da UNB, 1984.
- PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *Order out of Chaos*. Boulder and London: Random House, 1984.
- ROSEMBLUETH, Arturo. *Mind and Brain - a Philosophy of Science*. Massachussets: The MIT Press, 1970.
- SANTAELLA, Lúcia. *A Assinatura das Coisas*. Rio de Janeiro: Imago, 1992.
- SHANNON, Claude; WEAVER, Warren. *A Teoria Matemática da Comunicação*. São Paulo: Difel, 1975.
- UYEMOV, Avair. Problem of Direction of Time and the Laws of Systems' Development. In: *Entropy and Information in Science and Philosophy*. KUBAT, Libor e ZEMAN, Jiri (Eds). Praga: Elsevier Scient. Publ. Co., 93, 1975.
- VIEIRA, Jorge. Integralidade, Organização e Gramática. In: *Caos e Ordem na Filosofia e Ciências*, 1996, São Paulo. *Anais do III Congresso Latino-Americano de Semiótica e IV Congresso Brasileiro de Semiótica*. SANTAELLA, Lúcia; VIEIRA, Jorge (Orgs.). São Paulo: FACE: Revista de Semiótica e Comunicação, N. 2, Edição Especial, 1996, p. 153-160.
- VITA, Luiz Washington. *Introdução à Filosofia*. Rio de Janeiro: Melhoramentos, 1964.