
GEOGRAFIA, EPISTEMOLOGIA E MÉTODO DA COMPLEXIDADE

Geography, Epistemology And The Complexity Method

Luis Henrique Ramos de Camargo

Prof. Dr. da UNESA E Col. Federal Pedro II – RJ

E-mail: geocamargo@ig.com.br

RESUMO: *Este trabalho objetiva ampliar o debate epistemológico e metodológico na ciência geográfica, e em especial no método de entendimento da natureza, através da compreensão e da análise das teorias surgidas após o advento da mecânica quântica. Para alcançar este objetivo, a pesquisa propõe uma breve crítica ao paradigma clássico, percebendo a análise das teorias da auto-organização como uma alternativa viável a este método. Posteriormente, a pesquisa aprofundará essa problemática trazendo a percepção sistêmica dessas teorias para a viabilização do objetivo proposto.*

Palavras-chave: Epistemologia, teorias da auto-organização, ciência geográfica

ABSTRACT: *This paper aims to widen an epistemological and methodological debate in the geographic science, and in particular, in the method of analysis of nature through the understanding of the analysis of the theories originated after the quantum mechanics advent. To reach this objective, the research proposes a short critic about the organization theories as a feasible alternative to this model. Subsequently, the research shall deal with this question bringing a systemic perception of these theories to achieve the suggested objective.*

Key-words: epistemology, auto organization theories, geographic science.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho pretende servir como um instrumento epistemológico e metodológico para a percepção geográfica dos fenômenos da natureza. Para essa análise, foram utilizadas as teorias do campo sistêmico e da auto-organização.

Estas teorias possuem como teor central de sua análise, além da percepção sistêmica, a possibilidade de ocorrência do acaso, da auto-organização e dos processos imprevisíveis em sua dinâmica.

Ao propor uma análise não cartesiana-newtoniana, o trabalho pretende responder a uma série de questões científicas e metodológicas que balizam o pensamento clássico e que, em geral, envolvem o imaginário de ciência do pesquisador. Dúvidas como: a natureza pode ser avaliada de forma determinística e reversível? Podemos verificar a manutenção dos padrões na análise dos fenômenos naturais? É possível compreender a totalidade dos problemas em uma análise fragmentada?

Propõe-se assim um novo exame da categoria método investigativo, onde a natureza

seja percebida, não como um fragmento mecânico, porém, como um grande sistema interconectado em rede e dinâmica.

2. A CIÊNCIA CLÁSSICA X TEORIAS LIGADAS À AUTO-ORGANIZAÇÃO

2.1 A CIÊNCIA CLÁSSICA

Assim como o imaginário popular, em sua maior extensão, prende-se à idéia do mundo newtoniano, grande parcela dos cientistas atuais também percebem o mundo a partir do seu vínculo com o determinismo e com a reversibilidade clássica.

Para o mundo de Newton (1642-1727) tudo o que acontecia tinha uma causa definida gerando também um efeito definido, cada detalhe do movimento de um objeto no futuro seria matematicamente previsível. A coerência obtida por Newton em conhecer a “lógica” do deslocamento dos objetos seria facilmente utilizada como modelo para compreensão de todo o universo. Assim, todas as ações feitas nele seguiam a previsibilidade inerente à própria organização da grande máquina universal, onde tudo permanecia ordenado: as galáxias, os planetas e as estrelas (Newton, 1987).

Desde então, com o passar dos séculos, esse modelo de ciência vai criando uma relação do homem com a natureza de absoluta externalidade, onde à ciência caberia a reflexão sobre o meio natural e à filosofia, a reflexão sobre o homem (Moreira, 1993).

O princípio newtoniano que se impõe sobre a natureza, chega ao campo científico como uma lei universal geral e comum a tudo e a todos, o que acaba expulsando as possíveis singularidades existentes no debate local. Pois, mesmo que regras ou leis fossem criadas para discutir alguns aspectos locais, o mesmo subordinava-se ao campo maior de definição da *Physis* clássica. Neste contexto, ao isolar os

processos e elementos, a ciência clássica tentava ler a complexidade do real sobre a aparência simples dos fenômenos (Morin e Moigne, 2000).

Portanto, a análise científica cartesiana-newtoniana vê o ambiente a partir de uma metodologia que articula dentre vários fatores:

1. todo sendo fragmentado em suas partes. Nessa dinâmica, o todo é compreendido a partir das propriedades das partes (Capra e Stendl-Rast, 1991);
2. universo é similar a uma máquina-sincronica e matematicamente ajustável, onde os mecanismos são circulares e reversíveis;
3. As leis espaciais são absolutas, válidas em todo o universo ligadas à certeza da grande máquina matemática e linear garantida pela causalidade e pela previsibilidade;
4. paradigma cartesiano-newtoniano enlaçado pelo mito da tecnociência, baseou-se na crença de que o conhecimento científico poderia alcançar a certeza absoluta e final (Capra e Stendl-Rast, 1991)

2.2. AS TEORIAS SISTÊMICAS, A COMPLEXIDADE E SUA RELAÇÃO COM O ACASO E COM A EMERGÊNCIA DE NOVAS TOTALIDADES

A formulação da Teoria Geral dos Sistemas por Berthalanffy em 1968 e o advento da Mecânica Quântica, observam que a maior parte dos objetos da Física são integrados, ou seja, conjuntos de partes diversas que constituem um todo organizado, retomando a idéia de que o todo é maior do que a soma de suas partes (Berthalanffy, 1968; Zohar, 1990).

Dentro desse contexto, outras novidades do século XX, constituíam um novo arcabouço de idéias e teorias. Destaca-se o surgimento da noção da incerteza advinda de Heisenberg, que em 1927, gerou a noção quântica da interconectividade universal, o surgimento do

computador, dinamizando novos padrões de cálculos, a Teoria da Relatividade e a noção de tempo-espaço não absolutos, o surgimento da Teoria do Caos, a Teoria da Criticalidade Auto-Organizada, a noção de ecossistema, a Teoria das Estruturas Dissipativas, a Teoria Hologramática, dentre tantas outras novidades do século XX (Zohar, 1990; Heisenberg, 1996).

Essas teorias, em sua inerente noção de interconectividade e de descontinuidade, norteiam uma nova noção de ordem e de desordem que foge da antiga concepção clássica, na qual esses processos se davam de forma isolada e antagônica.

A nova visão dessa antiga dualidade – ordem-desordem – para essa gama de teorias, compreende-as como integrantes unas e diversas das teias de inter-relações, onde fundamentam a construção e a destruição contínua dos sistemas, gerando a organização em um novo patamar de hierarquia não vertical (Capra e Steindl-Rast, 1991).

Mas qual é o princípio que norteia a dinâmica ordem-desordem e a criação do novo? No seio desse debate está a interposição de variáveis que chamamos de interações, onde quanto mais rica é a organização mais rica é a desordem. No jogo das interações supõe-se o encontro de seres ou objetos materiais, onde o “ruído” provocado, liga-se à turbulência, à agitação e à desordem. Nesse mecanismo ocorrem re-alimentações, retroalimentações, fluxos dispersivos, associações, ligações, combinações, comunicações, etc, sendo uma espécie de nó górdio de ordem-desordem, onde os encontros são alcatórios e, conseqüentemente, suas respostas são criativas e dependentes da organização desse sistema. As interações tornam-se assim a noção chave entre desordem, ordem e organização (Morin, 1977 e 1998).

O novo conceito de ordem e desordem, encontra um novo patamar de análise onde a

ordem deixa de ser absoluta, passando a ser relativa e relacional (Stewart, 1991; Morin, 1997), pois ordem e desordem nascem juntas, enlaçando-se mutuamente gerando novas organizações a partir de estados críticos criativos. A organização em sistema produz qualidades ou propriedades desconhecidas das partes, concebidas isoladamente e que geram o novo: as emergências (Morin e Moigne, 2000).

Na gênese da nova organização, durante a desordem e a emergência de novas totalidades, encontram-se elementos que dissipam-se e reordenam-se. A dinâmica da metamorfose, ocorre no limite da extrema complexidade da desordem, que acaba contendo uma nova ordem-organizacional (Morin, 1977 e 1998; Prigogine e Stengerls, 1984 e 1997).

A teia de interações, que movimenta-se constantemente alternando a “unidade” ordem-desordem, gera organizações complexas, porque ao mesmo tempo são: acêntricas (o que funciona de maneira anárquica por interações espontâneas), policêntricas (que têm muitos centros de controle ou organizações) e cêntricas (que dispõem, ao mesmo tempo, de um centro de decisão) (Morin e Moigne, 2000).

Supondo o todo, superior à soma das suas partes, os sistemas possuem algo mais do que os componentes considerados de modo isolado ou justapostos. Esses elementos e processos são: a sua organização, a própria unidade global (o todo), as qualidades e propriedades emergentes da organização e da unidade global e a morfogênese sistêmica – unidade complexa organizada e evoluindo em espiral (Morin, 1977 e 1998; Moreira, 1993; Favis-Mortlock e Boer, no prelo).

A noção de organização vem da disposição de relações entre componentes ou indivíduos, que produz uma unidade complexa dos sistemas, dotada de qualidades desconhecidas ao nível dos componentes dos

indivíduos. Cada inter-relação liga elementos ou indivíduos diversos, que se tornam componentes de um todo. As qualidades e as propriedades que nascem da organização de um conjunto determinado retroagem sobre esse conjunto, a partir da sua emergência ao acaso ou não.

O acaso e a sua inerente criatividade demonstram que na natureza os sistemas complexos que vivem em turbulência, fruto da dinâmica ordem-desordem, mostram que a natureza não obedece a leis e sim a interações que variam as leis. Na estrutura dessa nova dinâmica de interações, estão a criticalidade auto-organizada, a teoria da complexidade, as estruturas dissipativas e a teoria do caos. (Bohm, 1980; Morin, 1998; Abraham e McKenna, 1992)

Aqui diferenciamos a evolução em círculo ligada à reversibilidade, da evolução em espiral que dinamiza novas totalidades, podendo gerar a irreversibilidade nos sistemas complexos. Prigogine (1993 e 1996) e Prigogine e Stengers (1997) demonstram em seu trabalho que a irreversibilidade desempenha um papel construtivo na natureza já que permite processos de organização espontânea.

3. SÍNTESE DAS TEORIAS PROPOSTAS

Essa breve seção, objetiva esclarecer o teor conceitual das teorias propostas ao debate, porém, nos trabalhos desenvolvidos por Camargo (2000 e 2002) e Christofóletti (1999) encontram-se maiores detalhes a respeito dessas questões.

3.1. TEORIA DA COMPLEXIDADE

A ciência clássica pauta-se pelo processo de redução e de simplificação dos principais problemas humanos. O paradigma cartesiano-newtoniano acreditava que toda a complexidade do mundo poderia ser respondida e resolvida a partir de princípios e leis gerais, porém a própria

variedade dos atuais problemas do planeta, como os problemas ambientais ou sócio-econômicos, exige hoje uma outra forma de pensar a ciência e a própria racionalidade metodológica. A nova metodologia busca de maneira dialógica integrar noções complementares, concorrentes e antagônicas (Morin, 1998).

A Teoria da Complexidade observa que a junção de três ou mais variáveis, pode gerar ocorrências imprevisíveis e sempre dinâmicas. Este fato se deve a sua noção intrínseca sistêmica, auto-organizada e pela sua noção de totalidade como sendo sempre superior a soma de suas partes. Assim um fenômeno complexo envolve uma dinâmica evolutiva contínua em espiral não reversível, mesmo que mantendo um padrão organizacional (Carvalho, 1999; Nussenzveig, 1999; Camargo, 2002; Favis-Mortlock e De Boer, no prelo).

3.2. TEORIA DAS ESTRUTURAS DISSIPATIVAS

A segunda lei da termodinâmica estabelece que a energia disponível executa um movimento que vai da ordem perfeita à desordem absoluta, na qual se esgotará completamente. Esse princípio, de 1865 (Weber, 1986), atribui irreversibilidade a determinados processos da natureza. A “seta do tempo”, “cunhada” pela entropia, segue a determinação de Boltzmann, na qual nenhum intercâmbio posterior de energia pode ocorrer (Asimov, 1990).

Para Prigogine (1993 e 1996) e Prigogine e Stengers (1984 e 1997) a “seta do tempo” obedece a uma ordem superior não previsível, que pode levar a energia resultante do trabalho a se auto-organizar ou a entrar em estado caótico, o que caracteriza a sintropia ou a reordenação dos sistemas da natureza (Weber, 1986).

Os fluxos se dissipam, pois entram numa nova ordem de “arranjo”, combinando-se não linearmente com a própria natureza e transformando-se em algo novo apresentando uma nova noção de não-equilíbrio e de não-linearidade (Weber, 1986; Capra, 1996, Prigogine, 1993 e 1996).

3.3. TEORIA DO CAOS

Nos sistemas caóticos a interposição das variáveis em um sistema caótico, por sua vez, ocasiona em um ponto específico da dinâmica, uma sensibilidade às condições iniciais que pode gerar uma bifurcação. Como resposta, o trajeto do sistema caótico torna-se descontínuo e imprevisível. Assim, para que ocorra o acaso caótico é necessário que haja interposição de um conjunto de variáveis que, graças a um pequeno evento, geram grande distorção na previsibilidade inicial (Morin, 1977; Gleick, 1989; Ruelle, 1982; Fieldler-Ferrara *et. al.*, 1995; Lorenz, 1996; Capra, 1996; Palis, 1999).

As principais características dos eventos caóticos, segundo Stewart (1991); Prigogine (1993); Ruelle (1993) e Lorenz (1996) são: Sistemas caóticos são sensíveis às suas condições iniciais onde uma pequena mudança, pode causar uma enorme diferença em sua previsibilidade inicial. Apresentando um grau aleatório nas respostas a longo prazo; Sistemas caóticos não ocorrem apenas com duas variáveis, eles só existem a partir de três variáveis, e quanto mais complexo for um sistema maior será sua possibilidade de caos; O início do processo caótico depende de uma bifurcação; Sistemas caóticos possuem previsibilidade zero em seu ponto de partida; Eles ocorrem em um espaço limitado (Bai-Lin, 1984; Dauphiné 1991 e 1995; Durant-Dastes, 1991; Sheldrake, 1991; Stewart, 1991; Bergé *et. al.*, 1996; Lorenz, 1996).

3.4. CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADORA (CAO)

Em 1987, Per Bak, Chao Tang e Kurt Wiesenfeld publicaram um trabalho intitulado: “Criticalidade auto-organizada: uma explicação para o ruído 1/f” (Favis-Mortlock e De Boer, no Prelo). Segundo Gomes (1999) esses autores demonstraram que frequentemente sistemas de muitas partículas evoluem para um estado chamado de criticalidade auto-organizada (CAO), onde os sistemas naturais situam-se na margem da estabilidade. Após o mesmo ser perturbado evoluirá até voltar, naturalmente, ao seu estado da borda da estabilidade (Christofolletti, 1999). Neste processo o sistema se auto-organizou, a partir de suas variáveis, sendo sua escala espaço-temporal imprevisível aos sistemas determinísticos. (Atlan, 1992; Favis-Mortlock e Boardman, 1995, 1998 e 1999; Favis-Mortlock e De Boer, no prelo; Favis-Mortlock, 1996 e 1997, Gomes, 1999)

A CAO é caracterizada por: 1º) leis de escala espacial; 2º) leis de escala temporal; 3º) ausência de sintonização, ou seja, o estado crítico é alcançado automaticamente, sem necessidade de se ajustar qualquer variável ou parâmetro (Atlan, 1992; Favis-Mortlock e Boardman, 1995, 1998 e 1999; Favis-Mortlock e De Boer, no prelo; Favis-Mortlock, 1996; Christofolletti, 1999)

3.5. TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

A ciência clássica possui como método de explicação dos fenômenos naturais, a observação a partir do seu isolamento do todo. A Teoria Geral dos Sistemas, por sua vez, é um importante campo metodológico que se propõe, dentre outras coisas, a suplantarmos a fragmentação e a perceber os fenômenos a partir de sua interconectividade holística. Essa teoria criada

em 1968 por Bertalanffy observa que cada sistema possui suas características próprias, podendo ser subdividido em vários subsistemas que estão interconectados e que atuam em rede por perceberem a dinâmica do todo (Bertalanffy, 1968; Maciel, 1974; Haigh, 1985)

4. ABORDAGEM SISTÊMICA – PRINCÍPIOS E CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Dentro de uma abordagem sistêmica, verifica-se em uma primeira análise, os seguintes conceitos fundamentais: conjunto, elemento, relação, todo e organização. Os conceitos de todo e de organização sugerem que o pesquisador irá se defrontar com questões relativas a: simplicidade x complexidade, linearidade x não-linearidade, unidade x multiplicidade, ordem x desordem, entropia x neg-entropia, o determinado-causal x indeterminado, o uniforme x o multiforme, o restrito x o arbitrário (Maciel, 1974; Capra, 1996).

Para Haigh (1985), a partir da análise da aplicação dos sistemas em Geografia, verifica-se que um sistema é uma totalidade criada pela integração dos seus componentes que não se desassocia. Assim sugere, baseado na leitura de Prigogine e Stengers (1984 e 1997) e Prigogine (1993 e 1996), alguns princípios de análise para um sistema:

1º estrutura da totalidade – os elementos de um sistema são indissociáveis, exceto por dissecação. Essa irreducibilidade emerge da integração dos componentes do sistema. Todos os sistemas podem ser definidos por estruturas formais, formadas por aglomeração dos elementos. Aqui percebe-se a interconectividade inerente aos sistemas e a não fragmentação cartesiana encontrada na análise mecanicista da natureza.

2º o princípio da identidade do sistema – cada sistema possui uma identidade específica. Essa identidade contém um certo estado de equilíbrio que possui o presente, o passado e o futuro. Nos sistemas complexos o equilíbrio pode ser preservado pelas estruturas internas do sistema (regulação homeostática, *feedback* negativo e armazenagem de energia). Os sistemas complexos apresentam características de auto-regulação (auto-organização) que, ao modificarem a identidade dos elementos, apresentam qualidades diferentes do seu meio ambiente original, criando uma nova identidade. Nesse processo verifica-se que os sistemas após sofrerem modificações irreversíveis também alteram sua identidade.

3º auto-criação/auto-organização – é a capacidade dos sistemas naturais “auto-criarem-se” em resposta a mudanças ambientais. Essas mudanças envolvem novas estruturas e novas funções. Através de fluxos de massa e energia com o meio ambiente, os sistemas abertos ao se auto-organizarem podem ser profundamente afetados por outros sistemas, o que interfere no fluxo original dos mesmos, causando distúrbio energético no conjunto, forçando-o a readaptar-se. Essa tese vai desenvolver essa idéia, a partir da criticalidade auto-organizada - comportamento adaptativo. É importante lembrar, que um sistema se organiza quando se encontra na margem da estabilidade. Durante a instabilidade as estruturas complexas se dissipam por entropia, encontrando ao fim uma nova sintropia (Prigogine e Stengers, 1984 e 1997).

Christofletti (1999), observa que o estado crítico é um atrator da dinâmica, significando que o estado de criticalidade auto-organizada é estacionário, uma vez que se alcançado não se modificam as propriedades estatísticas do sistema. Nesse momento cessam as frequências que atuaram no sistema

eliminando sua evolução. Assim o estado crítico é sua meta final.

4º estrutura hierárquica – sistemas podem ser identificados por várias escalas de magnitude, onde cada um possui um subsistema (componentes) havendo elos de similaridade entre eles. Isso é facilmente perceptível, por exemplo, em uma encosta, pois a mesma apresenta diversos subsistemas. Um exemplo, seria um subsistema de rede de ravinas, que pertence ao sistema de vertentes, que por sua vez é um subsistema do seu meio ambiente externo.

A partir do 4º princípio apresentado, percebe-se que na estrutura hierárquica da totalidade, que representa a idéia de integração total do sistema, verifica-se também a lembrança de que existe diversidade na unicidade, onde cada parte não é vista como um elemento separado, porém mantém sua identidade e características próprias, desempenhando um determinado papel dentro de um contexto maior (Bohm, 1980; Camargo, 1999).

O conjunto hierárquico de sistemas e de subsistemas inicia-se no sistema Terra, abrange todos os elementos constituintes planetários. Nessa dinâmica ocorrem constantes fluxos de energia e matéria e fluxos ligados ao *feedback* ou retroação, que traz consigo flutuações que podem desordenar a antiga organização do conjunto, trazendo uma nova ordem para o interior do sistema. As entradas (*inputs*) e as saídas (*outputs*) dos fluxos, estabelecem parte do equilíbrio dinâmico com o mundo exterior e também estão ligados aos processos de mutabilidade (Bertalanffy, 1968; Maciel, 1974).

O universo exterior de um sistema é concebido como um todo organizado e continuamente sujeito a mudanças, tendo em vista que o mesmo também possui sua dinâmica

interna e externa que apresenta em qualquer momento, um determinado modo de ação ou comportamento. É importante lembrar que o universo exterior de um sistema compõe um outro sistema, que o transforma em subsistema. Esse subsistema, por sua vez, apesar de manter sua identidade, é influenciado diretamente por flutuações externas ao seu meio ambiente (Maciel, 1974).

A qualidade das mudanças depende diretamente do teor da identidade do sistema pesquisado e da própria identidade do subsistema atingido. O *feedback*, considerado por Bertalanffy (1968) como um dos conceitos centrais da Teoria Geral da Comunicação e do Controle, irá também ditar o teor das possíveis flutuações do sistema pesquisado. Durante a interação de um sistema é no *feedback* que os sistemas subsequentes voltam a exercer influência sobre os antecedentes (Christofolletti, 1980).

Christofolletti (1999) verifica que a abordagem sistêmica considera que a análise do fenômeno deve ser realizada em seu próprio nível hierárquico, e não em função do conhecimento adquirido nos componentes de nível inferior. Para o autor, o conjunto é superior às partes, pois ocorre o surgimento de novas propriedades e relações no interior do sistema, onde o todo é sempre maior do que a soma de suas partes, portanto sugere o advento do novo, representado por novas propriedades que emergem da conjunção das partes em transformação. Esse processo é o que Bohm (1980) denomina de ordem implicada, que desabrocha do conjunto de variáveis em um sistema complexo. A emergência de novas qualidades geralmente devem estar relacionadas com os arranjos dos elementos e com a estrutura do sistema.

Isso representa que na análise o pesquisador deve perceber as diferentes escalas

hierárquicas do sistema pesquisado. Cada sistema possui suas devidas propriedades e estruturas de componentes, que mantêm seu padrão de organização próprio, o que lhe confere uma identidade singular.

5. PENETRANDO NO INTERIOR DA TOTALIDADE

5.1. TOTALIDADE

A noção abstrata de totalidade que mais se aproxima da compreensão dos processos sinérgicos, observa que a totalidade é sempre maior do que a soma das suas partes. Nessa concepção sistêmica, o todo avança para sistemas mais complexos de organização, onde as partes por complexidade e auto-organização encontram patamares superiores de evolução. Santos (1997) observa que a totalidade de B não é a soma dos componentes de A, que seriam A_1 , A_2 , A_3 , e assim por diante, até porque A é infinito. B é uma plataforma superior a A, ou seja ele é fruto da sinergia dos componentes de A que encontraram seu processo sinérgico em B, sem perceber uma evolução obrigatoriamente linear e vertical.

Chistofolletti (1999), verificando esse conceito nos sistemas naturais, observa que a totalidade aplica-se às entidades que em seu interior são constituídas por partes que são independentes de seu somatório, pois estão em constante interação. Em um novo nível hierárquico, cada componente do todo possui características específicas, podendo ser considerado como unidade, sendo também analisada como totalidade.

Essa análise que se aplica aos sistemas da natureza em Geografia, observa a sinergia e a dissipação interna das estruturas que por complexidade encontram sua auto-organização após flutuações do seu sistema a partir das

estruturas dissipativas.

Segundo essa hipótese, sistemas abertos tendem, pela sua complexidade, para estados superiores de organização, isto é podem passar de um estado inferior de ordem para um estado superior de organização. Isso ocorre devido às condições internas do sistema, ou seja, da organização de suas estruturas, após sofrer flutuações e encontrar seu estado de criticalidade caótica ou não (Bertalanffy, 1968).

5.2. TEIA DE RELAÇÕES - INDIVISIBILIDADE DE TODAS AS COISAS

A totalidade em seu interior pode ser observada como uma teia de inter-relações, onde cada componente associa-se a um conjunto que compõe o sistema, ou uma rede de relações.

Uma teia de relações é uma totalidade que se mantém em um fluxo constante evolutivo à procura de novas totalidades, ou se encontra em estado de resistência à mudança ou de resiliência. Um ecossistema, por exemplo, sendo um sistema aberto, encontra novos fluxos constantes que reciclam sua totalidade (Capra, 1996; Camargo, 1999 e 2002)

5.3. PADRÃO

Uma teia de relações, é um padrão e uma totalidade em si. Uma teia, possui determinadas características que afirmam seu conjunto. O arranjo dos seus elementos componentes demonstram a identidade do sistema.

Cada época geológica que confirma uma determinada equação ecológica, onde o arranjo dos seus elemento é único, ou seja, um determinado número de componentes possuem um determinado padrão de organização.

A partir do conhecimento de que os sistemas são auto-organizados, observou-se que

a natureza possui como característica a criatividade e a aleatoriedade ao criar novas formas, alterando internamente as estruturas que compõe seus padrões. Como as estruturas internas constituem um determinado padrão, grandes variações termodinâmicas podem alterar a dinâmica interna dos processos “reformando” a organização dos elementos da totalidade, podendo inclusive criar novos padrões de organização (Capra, 1996; Camargo, 1999 e 2002).

5.4. PADRÃO E SUAS RELAÇÕES

Um padrão de organização é a configuração das relações existentes entre os componentes do sistema que determinam as características essenciais desse conjunto. A descrição do padrão de organização envolve um mapeamento abstrato de relações, ou seja, é a descrição de como estão situados os elementos internos desse padrão. Esses elementos são chamados de estruturas (Capra, 1996; Camargo, 1999 e 2002).

5.5. ESTRUTURA

Uma estrutura é a própria incorporação física do padrão de organização dos sistemas. A descrição da estrutura envolve a descrição dos componentes físicos efetivos do sistema, suas formas, composição química e assim por diante.

Na constituição de um novo padrão, o processo vital é a atividade envolvida na incorporação contínua desse novo padrão de organização do sistema. Portanto é a própria totalização (Capra, 1996; Camargo, 1999 e 2002).

5.6. ORGANIZAÇÃO

Bertalanffy (1968) observa que quanto mais cresce um sistema, maior é o caminho de sua organização. Observa ainda que muitas

organizações crescem além de seu limite crítico, propiciando assim instabilidade em seu sistema, ou seja, muitas organizações revelam padrões não estáveis. Isso ocorre porque os sistemas situam-se em equilíbrio dinâmico e revelam flutuações cíclicas resultantes de seu meio ambiente, externo e interno.

6. DINÂMICA DOS SISTEMAS

Os conceitos não mecanicistas, buscam respostas que vão além da idéia do somatório das partes. As teorias do campo holístico sucintam a idéia da construção da metáfora de uma rede interconectada. No paradigma cartesiano-newtoniano, as partes constituem-se como estruturas fundamentais, blocos não integrados. Sua interação ocorre por intermédio de forças e mecanismos que agem como cola sem perceber a totalidade. Essa etapa faz das fronteiras, muitas vezes, linhas tênues, porém não interconectadas (Capra e Steindl-Rast, 1991; Capra, 1996; Camargo, 1999).

Pelas perspectivas clássicas, uma lei da natureza está associada a uma descrição determinista e reversível no tempo. A introdução da idéia de sistemas caóticos e auto-organizados rompe fundamentalmente com a antiga concepção, pois trás em si uma nova consideração a respeito das leis da natureza que agem nos sistemas da Terra. Nas novas concepções os sistemas apresentam uma flecha do tempo e a irreversibilidade ligada a auto-organização (Prigogine e Stengerls, 1984 e 1997; Prigogine, 1993 e 1996).

6.1. DINÂMICA DOS SISTEMAS, ENTROPIA, ORDEM E DESORDEM

O segundo princípio da termodinâmica é fundamento básico para a compreensão da dinâmica interna dos sistemas abertos, pois é a

partir do teor da informação gerada pela entropia que a mutabilidade ou a resiliência e a resistência dos sistemas ocorrem.

O princípio básico da entropia afirma que a energia no universo é uma só, ou seja não é criada, porém vive em constante transformação a partir da realização de trabalhos. Assim, um sistema poderá obter diversas formas de entropia de acordo com seus processos internos.

Haigh (1985) e Christofolletti (1999) assinalaram que, no tocante à entropia um sistema pode existir em um dos seguintes estados:

- a) Um sistema poderá criar entropia durante suas atividades, de modo que às vezes, passará por desarranjos conforme a segunda Lei da Termodinâmica, ou seja, haverá decréscimo de energia disponível para se continuar o trabalho. Nesse caso, o sistema encontrará seu estado estacionário;
- b) O sistema poderá promover a criação da entropia, extraindo energia de seu ambiente e utilizando-a para compensar o decaimento termodinâmico. Sob tais condições o sistema dissipa entropia aumentando o seu retorno para o ambiente e, dessa maneira, pode permanecer estável, sem mudanças;
- c) O sistema pode também absorver tão grande quantidade de energia de seu ambiente, que se torna capaz de dissipar mais entropia do que é produzida por ele. A neg-entropia acumulada pode ser expressa como crescimento, reprodução ou evolução de novas estruturas internas.

6.2. REAJUSTE, SENSIBILIDADE, SUSCEPTIBILIDADE E VULNERABILIDADE.

Quando um sistema sofre modificações irreversíveis, atravessa um processo de

reajustagem. O reajuste se faz então na busca de um novo estado de equilíbrio. Nesse estágio, ocorre a mutabilidade evolutiva, quando a resistência e a resiliência são rompidos e o sistema não tem mais chance de recuperação. Nesse processo evidencia-se a mudança do padrão de organização, onde as estruturas que se dissiparam saíram de um estado de ordem por interações, atingindo a desordem e uma nova organização (Prigogine, 1996; Camargo, 1999; Christofolletti, 1999).

A sensibilidade representa o nível em que um sistema responderá a uma mudança ocorrida nos fatores controladores. Por sua vez, a susceptibilidade de um sistema representa sua capacidade de reação, ou a capacidade do conjunto ser influenciado às mínimas ações ou variações da influência externa. A sensibilidade associada com a estabilidade torna o sistema vulnerável a ser modificado ou destruído (Christofolletti, 1999).

6.3. MANUTENÇÃO DA ORDEM

Avaliando os sistemas ambientais, Christofolletti (1999) verifica que para se conhecer o processo de mudança e a dinâmica evolutiva dos sistemas, é necessário a verificação de algumas noções fundamentais: a noção de estabilidade e resiliência, incluindo as dos distúrbios e tempo de reação e por fim a análise da sensibilidade.

O conceito de estabilidade, relaciona-se ao ajustamento do sistema às forças atuantes/forças controladoras. Porém, sendo o equilíbrio um processo relacionado à dinâmica, o mesmo não pode ser percebido como algo estático, pois depende da variação das flutuações advindas das forças controladoras (Christofolletti, 1999).

Essas variações irão interferir diretamente nas reações advindas do sistema, a estabilidade se encontrará através dos

mecanismos que absorvem essas oscilações externas sem mudar suas características internas (Christofoletti, 1999).

Segundo Christofoletti (1999) a estabilidade possibilita a percepção de dois estados. O primeiro é o aspecto da resistência, que é a capacidade do sistema em permanecer sem ser afetado pelos distúrbios externos, sendo também chamado de inércia. Por sua vez, a resiliência, possui a capacidade do sistema em retornar às suas condições originais após ser afetado por distúrbios externos. O sistema é considerado mais estável à medida em que apresentar a menor flutuação ou recuperar-se mais rapidamente.

Na análise da manutenção dos sistemas submetido a forças externas ao seu meio ambiente, Atlan (1992), descreve duas possibilidades de não ocorrência do estado de irreversibilidade através de flutuações. A primeira hipótese ocorre quando um sistema recebe uma série de impulsos organizados, porém sua estrutura futura já está estruturada e resistente a transformações. Assim, segundo Atlan (1992), não há razão alguma para se falar em auto-organização. Nesse caso o sistema possui resistência.

A outra possibilidade é a de a série de acontecimentos que atuam sobre o sistema não ser organizada, gerando perturbações aleatórias, sem nenhuma relação causal com o tipo de organização que aparecerá no sistema. Quando sob o efeito dessas perturbações aleatórias, o sistema, em vez de ser destruído ou desorganizado, reage por aumento da complexidade e continua a funcionar e se auto-organiza (Atlan, 1992). Nesse caso observa-se a resiliência.

Para se avaliar os aspectos inerciais e a resiliência, Christofoletti (1999) propõe quatro procedimentos para mensurar esses estados em uma dinâmica: 1. elasticidade, que refere-se à

rapidez com que o sistema retorna ao seu estado original; 2. amplitude, que é indicadora da zona de segurança – espacial ou da intensidade de forças – dentro do qual o sistema encontra condições para se recuperar, cujos limites máximos e mínimos correspondem aos limiares, estabelecendo seu potencial de refúgio. Conhecer a amplitude do evento é fundamental, porque focaliza o limiar além do qual o sistema não pode mais se recuperar e voltar ao seu estado original.; 3. histerese que assinala o espectro no qual as trajetórias de recuperação podem seguir e definir o padrão de ruptura em virtude da reação de ajustagem ao distúrbio; 4. maleabilidade, que é o grau indicador em que o novo estado estável estabelecido após o distúrbio difere do estado original.

6.4. ESTADOS DE QUASE-EQUILÍBRIO.

Christofoletti (1980) observa que, quando um sistema não alcança seu equilíbrio de modo global, durante o evento de transformações contínuas, como é o caso da degradação de paisagens, surge a designação estado de quase-equilíbrio.

Nesse caso, o estado de quase-equilíbrio, citado por Christofoletti (1980), associa-se às estruturas dissipativas e ao processo de desordem a que se submetem os sistemas após sofrerem flutuações.

6.6. SISTEMAS ABERTOS E MUTABILIDADE

Para Prigogine e Stengerls (1997), a natureza apresenta tanto processos irreversíveis quanto reversíveis, sendo que os primeiros são a regra e o segundo a exceção. Os processos reversíveis são o ideal do nosso imaginário, que busca a segurança constante derivada das leis newtonianas, porém, segundo Prigogine (1993

e 1996) e Prigogine e Stengerls (1997) isso só é uma aproximação.

6.7. IRREVERSIBILIDADE X REVERSIBILIDADE

Até as inovações propostas por Newton, com a consolidação da Ciência Clássica acreditava-se que as colisões entre átomos duros constituíam o processo principal da mudança de movimento. Com os postulados newtonianos, a gravidade passou a exercer papel fundamental na consolidação da idéia de uma força universal, que baseada em um modelo mecânico de tempo e espaço absolutos, determinava todo e qualquer processo de deslocamento, seja ele dos planetas ou de qualquer objeto.

Prigogine e Stengerls (1997) observam que as leis newtonianas por serem universais não definem as escalas dos fenômenos, tendo estas validade tanto para os cometas quanto para os corpos terrestres. Essa noção associa-se ao conceito de espaço e de tempo absolutos no qual se baseia o mundo mecanicista e onde os fenômenos da natureza se comportam ligados a dinâmicas lineares em que obedecem a lógica no qual força (F) equivale a multiplicação da massa (m) do corpo pela sua aceleração (a).

Nessa lógica em que a força inicial está diretamente ligada à dinâmica total do sistema, as características dominantes são: a legalidade, o determinismo e a reversibilidade.

Essa simplicidade, que reduz a complexidade do mundo real, associa-se diretamente às conquistas adquiridas pelo método experimental clássico que, no conhecimento da natureza, objetiva preparar o fenômeno estudado, isolando-o e tornando-o legível dentro de suas expectativas. Sendo assim, a partir do empirismo a ciência moderna se torna capaz de entender a natureza, não de forma passiva e metafísica, porém baseada na lógica

matemática e na confirmação das suas teorias.

A interrogação da natureza, por parte do pesquisador percebe então uma realidade mutilada e preparada, em função da hipótese e da busca das respostas a ela. No caso da dinâmica dos sistemas, Prigogine e Stengerls (1997) observam que a descrição de uma dinâmica implica em dois tipos de observações:

1º) a definição da lei da gravidade que descrevem como as massas tendem a se aproximar uma das outras;

2º) um sistema dinâmico se define pelo fato de que o movimento de cada um dos seus pontos é determinado, a cada instante, pela posição e velocidade dos conjuntos dos pontos materiais que o constituem. Sendo assim, o único sistema dinâmico é o universo inteiro.

As leis da ciência clássica associam a força à aceleração e percebem o sistema como um processo ao mesmo tempo determinista e reversível. A reversibilidade liga-se assim à noção de que quando as condições iniciais são dadas tudo o que ocorrer posteriormente é determinado (Prigogine, 1996).

No final do século XIX, somente a partir da criação da mecânica estatística, que Boltzmann e Gibbs (1884), começam a discutir a irreversibilidade dos fenômenos da natureza (Asimov, 1990; Ruelle, 1993; Prigogine e Stengerls, 1984 e 1997; Prigogine, 1997).

A hipótese de Boltzmann de 1884, associava-se à antiga idéia de que a matéria era constituída de um enorme número de bolinhas que se agitavam naturalmente. Como exemplo clássico observa a água quente que ao perder calor encontra um processo irreversível associado à entropia. Nesse processo básico, se a entropia permanece constante os fenômenos são reversíveis, o aumento da entropia leva então

a processos irreversíveis (Asimov, 1990; Ruelle, 1993; Prigogine e Stengerls, 1997)

A idéia original de irreversibilidade não associa-se ao que Prigogine e Stengerls (1984) chamam de flecha do tempo, que trás consigo uma noção distinta de irreversibilidade, na qual os fenômenos não associam-se apenas à idéia de que a irreversibilidade só acontece ligada à transformação da ordem para a desordem graças à entropia.

Para a maior parcela dos físicos atuais, a hipótese de Boltzmann é a mais correta para se definir o processo de irreversibilidade, onde o segundo princípio da termodinâmica ocorreria em todo o planeta, condicionando-o a princípios de irreversibilidade constante (Ruelle, 1993).

Por sua vez, Prigogine e Stengerls (1997) verificam que a maior parcela dos físicos não percebem a irreversibilidade de Boltzmann como um aspecto fundamental da natureza, uma vez que o mesmo apenas descreve um caráter aproximado do mundo real macroscópico. Boltzmann descobriu que a colisão entre as partículas levaria à irreversibilidade, percebendo que essas colisões estariam ligadas à distribuição das velocidades no interior da população e não às trajetórias individuais de cada partícula. Sendo assim, o estado final alcançado, ou o estado de equilíbrio não seria nada mais do que o estado macroscópico mais provável.

Prigogine (1996) afirma que a instabilidade não pode apenas ser associada a um aumento de desordem, como afirmam os físicos, pois o desenvolvimento da dinâmica física do não-equilíbrio mostra que a flecha do tempo pode ser uma fonte de ordem. A instabilidade pode levar tanto à ordem quanto à desordem.

Prigogine (1993 e 1996) em sua obra, percebe que os fenômenos da irreversibilidade estão ligados à construção do novo, através da dissipação interna dos indivíduos que fazem

parte de um sistema, compreendendo sua dinâmica complexa através de interações, o que Morin (1977) descreve na seguinte seqüência: ordem-interações-desordem- organização.

No caso da irreversibilidade, quando atingida longe do equilíbrio, seu papel é construtivo, pois ela cria novas formas de organização, a partir da auto-organização dos sistemas, através das estruturas dissipativas (Prigogine e Stengerls, 1984 e 1997).

6.8. FLECHA DO TEMPO E IRREVERSIBILIDADE

Nas dinâmicas reversíveis a trajetória seguida por cada ponto reflete e exprime a evolução global do sistema. Nesse processo o tempo não é percebido, tornando a dinâmica reversível atemporal, assim como nos processos irreversíveis de Boltzmann. Na dinâmica irreversível defendida por Prigogine (1993 e 1996), é a flecha do tempo o elemento crucial na construção de novos processos de organização dos sistemas.

Prigogine e Stengerls (1997) observam que é graças aos processos irreversíveis e à flecha do tempo, que a natureza realiza suas estruturas mais delicadas e complexas, devido ao estado de desequilíbrio provocado pela entropia. Assim a irreversibilidade desempenha um papel construtivo na natureza, a partir das dinâmicas que encontram a instabilidade sistêmica, desencadeando novas organizações propiciadas pelas flutuações que interferiram na antiga ordem.

Os sistemas instáveis e caóticos são os que melhor exprimem os processos evolutivos associados à entropia. É a partir desse exemplo que se torna possível superar a contradição entre as leis reversíveis da natureza e a dinâmica associada à entropia (Prigogine e Stengerls, 1997).

A evolução do não-equilíbrio proposta na obra de Prigogine (1993 e 1996), destaca uma forte quebra da simetria do tempo, interferindo na antiga noção linear da dinâmica clássica. Na teoria defendida por Prigogine (1993 e 1996) e Prigogine e Stengerls (1984 e 1997) a instabilidade e o caos associam-se à auto-organização dos sistemas graças à entropia.

6.9. ESTRUTURAS DISSIPATIVAS, FLUTUAÇÕES E A FLECHA DO TEMPO

Uma importante observação das estruturas dissipativas é que elas podem apresentar correlações/interações de longo alcance, após o sistema encontrar condições de não-equilíbrio. Esse processo está associado ao afastamento do equilíbrio, onde bifurcações associadas ao caos podem aparecer, fazendo o sistema tornar-se errático e sensível às condições iniciais (Prigogine e Stengerls, 1997).

Prigogine e Stengerls (1997) verificam que perto do equilíbrio as flutuações são irrelevantes, ao passo que longe do equilíbrio elas desempenham um papel central. Essas flutuações são essenciais nos pontos de bifurcação, onde o sistema torna-se errático e imprevisível e caótico, encontrando para sua percepção a probabilidade como resposta ao futuro.

6.10. DINÂMICAS LINEARES E NÃO-LINEARES

Em relação às dinâmicas não lineares e lineares, Prigogine e Stengerls (1997) constatarem que a produção de entropia verifica três estágios:

1. na produção de entropia os fluxos e as forças são simultaneamente nulos em equilíbrio, ou seja, em estado de equilíbrio cessam as atividades;

2. no domínio próximo do equilíbrio, onde as forças termodinâmicas são fracas, o fluxo é uma função linear;
3. nos domínios não-lineares, o fluxo é uma função mais complicada, gerando diversas possibilidades imprevisíveis.

De acordo com as forças impostas ao sistema, ele desempenhará sua evolução, se a mesma seguir a produção mínima de entropia, o mesmo pode evoluir para um estado estacionário, caracterizado pela produção mínima de entropia, onde o sistema encontrará seu equilíbrio dinâmico (Prigogine e Stengerls, 1997).

Se as condições impostas ao sistema relacionam-se a uma força termodinâmica de valor constante, isso irá mantê-lo a uma certa distância do equilíbrio. Porém, quando a força termodinâmica imposta ao sistema, atinge um valor suficientemente elevado para retirar o mesmo de sua dinâmica linear, o conjunto poderá encontrar estados de instabilidade, fugindo da previsibilidade linear e podendo sofrer dinâmicas auto-organizadas e irreversíveis, que propõem processos não-lineares, que devem ser percebidos por probabilidade (Prigogine, 1996).

6.11. ESTABILIDADE E INSTABILIDADE DOS SISTEMAS DINÂMICOS

Os processos descritos acima levam à compreensão dos mecanismos de instabilidade e estabilidade, a que se associam os sistemas. É pela extensão para a dinâmica de sistemas caóticos e instáveis que se podem constatar novos patamares evolutivos da natureza.

Um exemplo clássico de sistema estável e reversível é o exemplo da dinâmica desenvolvida pelo pêndulo, que possui seu

atrator de equilíbrio ao se estabilizar com o fim das forças que o impulsionaram. Por sua vez, se conseguirmos colocar um ovo em pé sobre sua parte mais côncava, encontraremos um equilíbrio instável, onde qualquer perturbação, ruído ou flutuação irá modificar sua estabilidade.

Sendo assim, as dinâmicas estáveis estão associados a pequenas modificações das suas condições iniciais que produzem pequenas alterações em seu conjunto. Porém, segundo Prigogine e Stengerls (1984) para uma classe muito extensa de sistemas dinâmicos, essas modificações se amplificam ao longo do tempo através de dinâmicas instáveis. Nesse caso, os sistemas caóticos são os melhores exemplos, pois em suas trajetórias, as condições iniciais não traduzem a dinâmica posterior do sistema, que pode bifurcar devido a novas perturbações ao mecanismo do fluxo.

6.12. DINÂMICA DOS SISTEMAS, REVERSIBILIDADE E IRREVERSIBILIDADE

Segundo Prigogine e Stengerls (1997), na natureza existem dois tipos de mudanças: dinâmicas ou reversíveis e mudanças termodinâmicas ou irreversíveis.

No primeiro modo, a dinâmica interna das estruturas dos sistemas não sofreu grandes flutuações, ou mesmo não houve a ocorrência de caos, quando uma pequena variável interconectada a um sistema complexo, causa uma grande dissipação na sua dinâmica interna, ocasionando uma ruptura inesperada na natureza do fluxo.

O segundo modo, ou a mudança termodinâmica, associa-se a transformações que ocasionam uma nova sintropia, causada por caos ou auto-organização, que associa-se a um rearranjo dos elementos dos sistemas, que recebem um fluxo de energia maior do que podem

suportar, entrando em estado crítico de desordem (Prigogine e Stengerls, 1997).

Quando ocorre irreversibilidade nos sistemas, os mesmos são influenciados pela sua história, onde ocorrem flutuações e instabilidades e que, segundo Haigh (1985), esporadicamente podem desenvolver a capacidade em torno do estado de entropia com um novo atrator. A emergência do estado de equilíbrio, fruto da organização da estrutura do sistema, que foi transformada irreversivelmente, trará uma nova identidade ao sistema e suas características complexas. Esse processo relaciona-se à dissipação interna das estruturas que compõem um sistema.

Ao aplicarmos a Teoria das Estruturas Dissipativas, a Teoria da Complexidade, a Teoria do Equilíbrio Dinâmico, a Teoria do Caos, a Teoria da Auto-organização à Teoria dos Sistemas, observamos a dinâmica interna dos sistemas abertos e seus processos de irreversibilidade, além de novos preceitos que fogem das prisões newtonianas de um mundo controlável e mecânico.

7. CONCLUSÃO

A partir das modernas percepções do espaço natural, observa-se que a natureza apresenta-se dinâmica, auto-organizada e irreversível, sendo complexa e desenvolvendo novos patamares organizacionais como fruto de sua complexidade. Desta forma, os sistemas naturais suplantam às limitações cartesianas-newtonianas, que se prendem a não compreensão da teia organizacional que envolve o meio natural e ao determinismo clássico.

Compreender a mutabilidade dos padrões e suplantar a percepção ligada à reversibilidade, representa para o geógrafo e para a sociedade, um grande avanço frente aos constantes problemas práticos que a Geografia

tem que enfrentar. Esses problemas vão da análise dos desabamentos de encostas, passando pela estrutura organizacional dos sistemas da Terra como o atmosférico e suas supostas mudanças.

É hora do geógrafo despertar para sua função frente a sociedade, não podemos mais nos esconder atrás de modelos positivistas e não respondermos aos **reais** problemas do dia-a-dia. Chega da Geografia fragmentada e inútil, devemos compreender às partes sim, porém percebendo sua essência que responde à totalidade como algo interconectado dialeticamente.

A Geografia, em sua bagagem conceitual e epistemológica, apresenta-se complexa e com toda a capacidade de adequar-se às novidades desenvolvendo novas teorias e novos conceitos que provavelmente serão fundamentais no próximo milênio.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAM, Ralph & McKENNA, Terence & SHELDRAKE, Rupert (1992). **Caos, Criatividade e o Retorno do Sagrado. Triálogo nas Fronteiras do Ocidente.** São Paulo: Cultrix. 228 p.
- ASIMOV, Isaac (1990). **Cronologia de Los Descubrimientos: La Historia de la Ciencia y la Tecnología al Ritmo de Los Descubrimientos.** 2ª ed. Barcelona: ed. Ariel Ciencia. 865p.
- ATLAN, Henri (1992). **Entre o Cristal e a Fumaça: Ensaio Sobre a Organização do Ser Vivo.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor. 268p.
- BAI-LIN, Hao (1984). **Chaos.** Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Ltd. 535 p.
- BERGÉ, Pierre, *et. al.* (1996). **Dos Ritmos ao Caos.** São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 301p.
- BERTALANFFY, Ludwig Von (1968) **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes. 351p.
- BOHM, David (1980). **A Totalidade e a ordem implicada: Uma nova percepção da realidade.** 10ª ed. São Paulo: Cultrix. 291p.
- CAMARGO, Luís Henrique Ramos de (1999). **O Tempo, o caos e a Criatividade Ambiental: Uma Análise em Ecologia Profunda da Natureza auto-organizadora.** Rio de Janeiro: UNESA. (Dissertação de Mestrado) 189p.
- CAMARGO, Luís Henrique Ramos de (2000). **Análise da Relação Natureza e Sociedade e da Sua Influência na ciência Geográfica.** In: **Sociedade e Natureza, v. 12, n. 23** – Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia/EDUFU. P 147-166.
- CAMARGO, Luís Henrique Ramos de (2002). **A Geografia da Complexidade: O Encontro Transdisciplinar entre a Sociedade e a Natureza.** Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG. (Tese de Doutorado). 206p.
- CAPRA, Frijof (1996). **A Teia da Vida: Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos.** São Paulo: Cultrix/Amana Key, 255p.
- CAPRA, Frijof & STEINDL-RAST, David (1991). **Pertencendo ao Universo: Exploração nas Fronteiras da Ciência e da Espiritualidade.** São Paulo: Cultrix/Amana. 193p.
- CARVALHO, Edgard da Assis (1999). **Complexidade e Ética Planetária.** In: Pena-Veja, Alfredo & Nascimento, E. P.(orgs.) **O Pensar Complexo: Edgard Morin e a Crise da**

- Modernidade.** Rio de Janeiro: Garamond, p. 107-118.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 188p.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio (1999). **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher. 236p.
- DAUPHINÉ, André (1991). "Ordre et Chaos en Géographie Physique". In: **L'Espace Géographique**, p. 65-78.
- DAUPHINÉ, André (1995). **Chaos, Fractales et Dynamiques en Géographie.** France: Reclus. 135p.
- DURANT-DASTES F. (1991). "La Notion de Chaos et la géographie. Quelques réflexions". In: **L'Espace géographique**, p. 311-314.
- FAVIS-MORTLOCK, D. (1996). An Evolutionary Approach to the Simulation of Rill Initiation and Development. In: **Proceedings of the First International Conference on GeoComputation**, Universidade de Leeds, vol. I, p. 248-281.
- FAVIS-MORTLOCK, D. (1997). A Self-organizing Dynamic System Approach to the Simulation of Rill Initiation and Development on Hillslopes. In: **Computers & Geosciences**, Leeds, Vol. 24 n° 4, p. 353-372.
- FAVIS-MORTLOCK, David e BOARDMAN, John (1995). Non-Linear Responses of Soil Erosion to Climate Change: A Modelling Study on The UK south downs. In: **Catena: An Interdisciplinary Journal of Soil Science-Hidrology-Geomorphology Focusing on Geocology and landscape Evolution.** Ed. Elsevier. V.25 n 1 - 4. June, p. 365-387.
- FAVIS-MORTLOCK, D. & GUERRA, A.J.T. & BOARDMAN, J. (1998). A Self-Organizing Dynamic Systems Approach to Hillslope Rill Initiation and Growth: Model Development and Validation. In: **Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Processes.** Editores: W. Summer & E. Klaghofer & W. Zhang. Inglaterra: IAHS Publication, 249, p 53-62.
- FAVIS-MORTLOCK, David e BOARDMAN, John (1999). Frequency-magnitude distributions for Soil erosion, runoff and rainfall - a comparative analysis. In: **Geomorphology.** Supplement 115 Berlin-Stuttgart: schweizerbart'sche Verlagsbutchanding, p. 51-70.
- FAVIS-MORTLOCK e DE BOER (no prelo). Simple at Heart? Landscape as a Self-Organizing Complex Systems. In: Trudgill, S.T. , Roy A. and Kirkbride, A. (eds) **Contemporary Meanings In Physical Geography.** London: Edward Arnold.
- FIEDLER-FERRARA, Nelson *et. al* (1995). **Caos: Uma Introdução.** São Paulo: ABDR. 402 p.
- GLEICK, James (1989). **Caos: A Criação de Uma Nova Ciência.** 8ª ed. Rio de Janeiro: campus. 310 p.
- GOMES, Marcelo A F.(1999). Criticalidade Auto-Organizada. In: NUSSENZVEIG, H. M. **Complexidade & Caos.** Rio de Janeiro: Editora UFRJ/COPEA, p. 99-110.
- HAIGH, Martin J.(1985). Geography and General System Theory. Philosophical Homologies and Current Practice. In: **Geoforum: Special Issue: Links Between The Natural and Social Sciences.** Oxford-New York-Frankfurt: Pergamon Press v. 16 n° 2, p. 191-203.

- HEISENBERG, Werner (1996). **A Parte e o Todo: Encontros e Conversas sobre física, Filosofia, Religião e Política**. Rio de Janeiro: Contraponto. 286p.
- LORENZ, Edward N.(1996). **A Essência do Caos**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 278p.
- MACIEL, Jarbas. (1974). **Elementos da Teoria Geral dos Sistemas: A Ciência que está revolucionando a Administração e o Planejamento na área do Governo, dos Negócios, na Indústria e na Solução dos Problemas Humanos**. Petrópolis: vozes. 404p.
- MOREIRA, Ruy (1993). **O Círculo e a Espiral**. Rio de Janeiro: ed. Obra Aberta. 142p.
- MORIN, Edgard (1977). **O Método I: A Natureza da Natureza**. Portugal: Publicações Europa-América. 363p.
- MORIN, Edgar (1998). **Ciência com Consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil. 344p.
- MORIN, Edgar & MOIGNE, Jean-Louis (2000). **A Inteligência da Complexidade**. São Paulo: Petrópolis. 263p.
- NEWTON, Isaac (1987). Princípios Matemáticos da Filosofia Natural. In: **Newton-Galileu**. São Paulo: Nova Cultural, p. 149-170. (Coleção Os Pensadores).
- NUSSENZVEIG, H.M. (1999). Introdução à Complexidade. In: H.M. NUSSENZVEIG (org). **Complexidade e Caos**. Rio de Janeiro: ed. UFRJ/COPEA, p. 9-17.
- PALIS, J. (1999). Sistemas Caóticos e Sistemas Complexos. In: H.M. NUSSENZVEIG **Complexidade & Caos**. Rio de Janeiro: ed. UFRJ/COPEA, p. 22-38.
- PRIGOGINE, Ilya (1993). **Les Lois Du Chaos**. France: Champs/Flammarion. 125p.
- PRIGOGINE, Ilya (1996). **O Fim das Certezas: Tempo, Caos e as Leis da Natureza**. São Paulo: Ed. UNESP. 199p. (Biblioteca básica)
- PRIGOGINE, Ilya e STENGERS, Isabelle (1984). **Order out of Chaos: Man's New Dialogue With Nature**. New York: Bantam Books. 349p.
- PRIGOGINE, Ilya & STENGERS, Isabelle (1997). **A Nova Aliança: Metamorfose da Ciência**. Brasília: UNB, 247p.
- RUELLE, David (1993). **Acaso e Caos**. São Paulo: ed. Universidade Estadual Paulista. (biblioteca básica) 224 p.
- SANTOS, Milton (1997). **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. São Paulo: HUCITEC. 308p.
- SHELDRAKE, Rupert (1991). **O Renascimento da Natureza: O Reflorescimento da Ciência e de Deus**. 10ª ed. São Paulo: Cultrix. 236p.
- STEWART, Ian (1991). **Será que Deus Joga dados? A nova Matemática do Caos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed. 336 p.
- WEBER, Renée (org.). (1986). **Diálogo com Cientistas e Sábios: A Busca da Unidade**. São Paulo: Cultrix. 302p.
- ZOHAR, Danah (1990). **O Ser Quântico: Uma Visão Revolucionária da Natureza Humana e da consciência baseada na nova Física**. 7ª ed. São Paulo: ed. Best Seller.