

Luís Henrique Ramos de Camargo

A Geoestratégia da Natureza

A Geografia da Complexidade e a Resistência
à Possível Mudança do Padrão Ambiental Planetário



B

BERTRAND BRASIL

Copyright © 2012, Luís Henrique Ramos de Camargo

Capa: Leonardo Carvalho

Editoração: DFL

Texto revisado segundo o novo
Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

2012

Impresso no Brasil

Printed in Brazil

CIP-Brasil. Catalogação na fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros – RJ

C179g Camargo, Luís Henrique Ramos de, 1964-
A geoestratégia da natureza: a geografia da complexidade e a
resistência à possível mudança do padrão ambiental planetário/
Luís Henrique Ramos de Camargo. — Rio de Janeiro: Bertrand
Brasil, 2012

240p.: il.; 21 cm

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-286-1548-7

1. Geociências. 2. Geografia ambiental. 3. Mudanças
climáticas. I. Título.

CDD – 560

CDU – 56

032544

Todos os direitos reservados pela:
EDITORA BERTRAND BRASIL LTDA.
Rua Argentina, 171 — 2º andar — São Cristóvão
20921-380 — Rio de Janeiro — RJ
Tel.: (0xx21) 2585-2070 — Fax: (0xx21) 2585-2087

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra, por
quaisquer meios, sem a prévia autorização por escrito da Editora.

Atendimento e venda direta ao leitor:
mdireto@record.com.br ou (21) 2585-2002.
Impressão: MARKGRAPH - RJ

prova de que o paradigma clássico cede espaço para a realidade, que se demonstra imprevisível e incerta em virtude da grande conjugação de diferentes variáveis nos mecanismos sistêmicos, assim como descrito nas teorias posteriores ao advento da mecânica quântica (Araújo, 2009; Camargo, 2005).

2. Nosso imaginário e a visão cartesiano-newtoniana

A herança cartesiano-newtoniana em nosso imaginário se materializa quando vemos o universo como um sistema previsível e estável, em que os objetos descrevem trajetórias lineares e coerentes com o esperado. Nesse sentido, entendemos esses objetos como partes isoladas, localizadas em um espaço tridimensional que funciona como uma caixa vazia.

Nesse espaço, considerado por Newton igual em todos os lugares — portanto, absoluto —, nenhuma influência externa interfere nas trajetórias esperadas; por isso vivemos a certeza do amanhã. No entanto, quando fenômenos como um tsunami ou grandes movimentos tectônicos ocorrem de forma inesperada, entramos em desespero e tendemos a pensar que a natureza está louca.

3. A abordagem sistêmico-quântica

O objetivo desta seção é fornecer ao leitor base teórica para compreender melhor como funcionam os mecanismos inerentes à natureza a partir do paradigma sistêmico-quântico.

Esses conceitos e teorias já foram expostos em outros trabalhos que desenvolvi ao longo dos últimos anos (Camargo, 2002, 2003, 2005, 2007). Contudo, de forma mais didática e democrática, tentarei explicá-los tornando-os mais acessíveis e mais apropriados à

compreensão de qualquer leitor; trata-se, afinal, de uma novidade muito necessária em nossos dias.

O advento da física quântica e, sobretudo, de sua filosofia foi fundamental para a reestruturação da leitura social e também para a revolução do método científico que está em vias de desenvolvimento. Questões como o princípio da incerteza e a interconectividade, por exemplo, são fundamentais para compreendermos os gritantes erros que permeiam nosso imaginário da realidade, ainda moldado pelos princípios cartesiano-newtonianos.

4. Teorias e conceitos fundamentais

O conceito de totalidade

Para o paradigma clássico, a totalidade é constituída pelo simples somatório de suas partes. Isso decorre da sincronia perfeita proporcionada pela parte interna das máquinas encontradas nos séculos XVI e XVII.

Nesse sentido, Descartes se encantava com os grandes relógios de sua época e com seu movimento interno sincrônico, e assim criou várias metáforas que consideravam todos os seres vivos grandes máquinas sincrônicas.

No interior dessas máquinas, cada parte isolada possuía função própria, e, se um elemento específico apresentasse defeito, poderia ser substituído, recuperando o funcionamento da máquina (totalidade). Por isso a coerência de pensar o todo como simples somatório de suas partes. Sabemos, porém, que, na verdade, quando substituímos alguma peça interna, seja de um carro, seja de qualquer máquina, seu desempenho também é alterado, pois todo sistema é uma totalidade indivisível (Bohm, 1980), em que os princípios que o estruturam compõem a lógica de seu movimento, e, portanto, ao se alterar qualquer parte interna de uma máquina, altera-se também seu desempenho.

Dessa forma, o advento das teorias posteriores à mecânica quântica demonstra que a evolução de qualquer totalidade se relaciona com o aumento de sua complexidade interna por sintropia. Por isso a totalidade deve sempre ser considerada superior ao somatório de suas partes, pois está em constante construção sistêmica.

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, por sua vez, é uma plataforma superior a A, ou seja, é fruto da sinergia dos componentes de A que encontraram seu processo de evolução rumo a B.

De acordo com essa hipótese, sistemas abertos tendem, por sua complexidade, a estados superiores de organização, isto é, podem passar de um estado inferior de ordem-desordem para um estado superior de organização. Isso ocorre em virtude das condições internas do sistema, ou seja, da organização de suas estruturas interconectadas após sofrer flutuações e encontrar espaçotemporalmente seu estado de criticalidade (Bertalanffy, 1968).

Segundo Santos (1997b), o espaço geográfico é a própria totalidade que evolui diacronicamente em constante totalização.

A totalização

A totalização é um processo que se desenvolve quando uma totalidade evolui e se transforma em outra totalidade (Santos, 1997). Isso ocorre quando percebemos que a totalidade é sempre superior ao somatório de suas partes, e, assim, a evolução por auto-organização possibilita esse mecanismo de mudança que se dinamiza pelo processo de totalização.

Segundo Massey (2009), o espaço geográfico é aberto e interacional, por isso está em permanente evolução (totalização).

Ele é um produto de relações, o que propõe uma multiplicidade de interações. Por isso se torna um espaço de resultados imprevisíveis. Para que o futuro seja aberto, o espaço também o deve ser.

Mesmo assim, no caso da ciência geográfica, grande parcela dos trabalhos ainda se prende ao conceito newtoniano de espaço absoluto, em que a totalidade sempre é constituída pelo somatório de suas partes, e, pior, como em geral esse é o imaginário da realidade de grande parcela dos cientistas que se apropriam desse modelo geográfico, diferentes metodologias como dos EIA-Rima, dos diagnósticos ambientais ou a própria utilização geográfica dos geossistemas e do geoprocessamento acabam por também trabalhar com essa ideia.

Nesses casos, a totalização inexistente, ou seja, a evolução não se verifica. Aqui, nesses exemplos, o espaço é em si apenas tridimensional, similar a um palco em que atores atuam. Esse é o espaço absoluto.

Para se perceber a totalização, verifica-se o espaço-tempo quadridimensional como aprendera Einstein com seu mestre Minkowski (1864-1909). A totalidade em constante totalização é um fenômeno que decorre da junção de variáveis no tempo e no espaço, ou melhor, no espaço-tempo.

A natureza nos dá essa noção de fácil percepção quando vemos um escoamento superficial que tem sua trajetória determinada pelas variáveis que compõem a própria encosta. Vegetação ou sua ausência, determinado tipo de solo, entre outros elementos, vão qualificar o tempo em que esses fenômenos acontecerão por auto-organização sistêmica (Guerra e Camargo, 2007). No entanto, se essa mesma encosta estiver a serviço do homem em processos agrícolas ou de pastagem, o tempo de formação de ravinas ou de voçorocas será outro, mostrando como o homem é um diferencial na organização sistêmica do espaço-tempo do planeta, ou seja, na totalização (Drew, 1994).

Padrão

Uma totalidade é sempre representação de um padrão específico, e o que define um padrão é seu conjunto de variáveis. Exemplo clássico é a verificação de que cada período ou era geológica é em si uma determinada formação ecológico-geológica em que o arranjo de seus elementos é único, ou seja, um determinado conjunto possui certo número de componentes e organização própria que não se repete.

Nesse sentido, uma era ou um período geológico é em si uma teia indissociável de relações que forma determinado padrão constituído de variáveis específicas (Capra, 1996; Camargo, 2003, 2005; Guerra e Camargo, 2007).

Sabe-se, por exemplo, que, na época dos dinossauros, como os processos vulcânicos eram muito intensos, havia também uma combinação atmosférica muito diferente da de nossos dias, pois o gás metano era abundante. Assim, a combinação atmosférica apresentava outro padrão de organização, diferente dos atuais.

A mudança de padrão ocorre quando efetivamente acontece uma ruptura radical de todo o sistema composto de diferentes e diversos subsistemas que entram em processo de totalização.

Em nossos dias, a combinação que envolve o nitrogênio, o oxigênio e outros gases se estabiliza relativamente desde o início do holoceno do Quaternário. A ruptura do meio ambiente seria o rompimento desse padrão atmosférico e de todos os outros padrões internos que mantêm o equilíbrio dinâmico do atual padrão.

Teoria do Equilíbrio Dinâmico

Como os sistemas estão sempre buscando novo estado de ordenamento, quando se atinge uma determinada ordem, esta será

sempre dinâmica, pois o conjunto estará submetido a fluxos constantes internos e externos. Assim, entendemos que o equilíbrio e o estado de ordem são sempre espaçotemporalmente relativos ao modo de organização desse conjunto, ou seja, à forma como se dispõe seu conjunto de variáveis.

No caso, por ser um sistema aberto e receber fluxos externos constantes, o estado de ordem é sucedido pela desordem sistêmica (Morin, 1977; Camargo, 2005); a partir da desordem, surge uma nova organização e um relativo estado de ordem, fruto do aumento de complexidade a que esse sistema foi submetido.

O equilíbrio dinâmico diferencia-se do equilíbrio final, pois no último cessam as atividades e o sistema entra em estado de inércia. Isso jamais ocorre em um sistema dinâmico, pois as atividades nunca cessam; são radicalmente alteradas em sua organização ou sofrem pequenas alterações em busca do reequilíbrio (Camargo, 2005).

A Teoria do Equilíbrio Dinâmico encontra-se estreitamente associada tanto à Teoria Geral dos Sistemas quanto às teorias do campo da auto-organização. Essa relação está no teor dos fluxos de energia e matéria que disponibilizam mudanças nos sistemas para a manutenção de seu equilíbrio e na base do autoajuste ou do ponto de criticalidade auto-organizada, sendo também o princípio básico da Teoria Geral dos Sistemas.

Para Christofletti (1980), a Teoria do Equilíbrio Dinâmico estabelece que o modelado terrestre, sendo um sistema aberto, mantém constante permuta entre a matéria e a energia que circulam em seu meio ambiente interno e externo.

A lógica sistêmica do espaço-tempo

Podemos aplicar a ideia de sistema a quase tudo o que existe e é complexo e organizado. Por sistema podemos entender um

conjunto de elementos quaisquer ligados entre si por cadeias de relações de modo que constitua um todo organizado (Maciel, 1974; Camargo, 2005).

Drew (1994) define sistema como um conjunto de componentes ligados por fluxos de energia e funcionando como unidade. Por isso, para conhecer um sistema, devemos observar como se efetivam suas inter-relações tanto internas quanto externas, entendendo que todo sistema, por possuir diferentes variáveis, está também ligado à possibilidade de, por auto-organização, gerar diferentes combinações e resultados. O mundo das interconectividades é o mundo das possibilidades, pois a junção de variáveis em um sistema em totalização pode, por probabilidade, gerar inúmeras respostas, incluindo as imprevisíveis.

Nesse sentido, um sistema é em si um elemento que, em virtude de sua interação interna e externa (com outros sistemas), evolui diacronicamente, trazendo a possibilidade de ocorrência de fenômenos não lineares e, por isso, descontínuos.

Um sistema em si é uma totalidade que entra em totalização constante na busca do equilíbrio ou da ordem. É o percurso descontínuo, em que a desordem é a gênese de uma nova ordem. A Terra, por sua vez, funciona como um macroconjunto de sistemas em hierarquia, em que todos se mantêm parcialmente independentes, ainda que firmemente vinculados entre si (Drew, 1994).

Desse modo, os sistemas, por receberem fluxos externos (o que inclui o *feedback*) e internos, vivem em constante troca evolutiva. Ou seja, a dinâmica está na própria troca, em sua junção, em sua sintropia.

É por isso que o espaço geográfico, sendo a própria totalidade (Santos, 1997b), está em constante transformação dialética e diacrônica. Cada lugar é em si um sistema em totalização espaço-temporal, em que se verifica empiricamente que cada um tem um tempo próprio que remete a seu conjunto estrutural.

Os objetos e as ações de um determinado lugar, que, interconectados, formam o espaço geográfico, determinam como essa flecha do espaço-tempo vai caminhar, ou seja, cada lugar possui suas especificidades, que apontam o tempo e a organização espacial de cada região.

Cada lugar, em virtude de seu determinado conjunto sistêmico de objetos, possui tempo próprio. Verifique o tempo em Xangai e em São Tomé das Letras (MG), uma cidade dedicada à contemplação da natureza. Mesmo para quem não tem o privilégio de ser geógrafo, é fácil perceber como, nessa comparação, São Tomé possui um tempo muito mais lento do que Xangai, onde os negócios impulsionam outra dinâmica, outra lógica.

E onde está essa lógica? Ora, ela é visualizada na paisagem e nas ações geradas por sua dinâmica. Portanto, não existe lógica em pensar o espaço sem o tempo, sem ser o espaço-tempo. É por isso que cada sistema também é relativo, pois cada um possui uma lógica de variáveis próprias que respondem a outros subsistemas também de forma específica.

O planeta é em si um sistema constituído de diversos subsistemas que trocam entre si energia e matéria em busca de seu processo evolutivo por aumento de complexidade, ou seja, por ampliação de suas combinações internas, gerando nova dinâmica a cada dia.

Os grandes subsistemas são a hidrosfera, a biosfera e a litosfera. Drew (1994) observa que os seres humanos não podem atingir diretamente as atividades dos sistemas em escala global; porém, os sistemas de ordem inferior, locais, como, por exemplo, os ecossistemas, são altamente vulneráveis à ação, do homem. Isso corrobora a ideia de que os padrões se mantêm, mas as dinâmicas internas são alteradas constantemente por aumento de complexidade.

Teoria Geral dos Sistemas

A Teoria Geral dos Sistemas, criada na década de 1940 por Ludwig von Bertalanffy (Camargo, 2005), demonstra como os subsistemas trocam entre si energia e matéria constantemente, e essa troca é a impulsionadora de sua evolução. Bertalanffy (1968) apresenta as três principais características pertinentes aos sistemas:

1. Equifinalidade — Dentro da dinâmica dos sistemas, existe o princípio básico da equifinalidade, segundo o qual, se as condições iniciais ou os processos forem alterados durante o andamento de um evento em um sistema, seu estado final também será alterado.
2. Retroação (*feedback*) — Os fluxos internos do sistema de energia livre, que também são chamados de entropia negativa, ou negentropia, além de poderem participar da evolução do sistema, também mantêm o suprimento de energia e matéria indispensável para que qualquer conjunto preserve seu equilíbrio (Gregory, 1992).
3. Comportamento adaptativo — Essa característica indica que, após passar por um estado crítico, o sistema inicia um novo modo de comportamento. Essa especificidade indica que o sistema encontra processos irreversíveis a partir de sua auto-organização (Prigogine e Stengers, 1997).

Teoria da Complexidade

A cada etapa evolutiva se amplia a complexidade de um sistema específico, ou seja, a cada patamar evolutivo os sistemas aumentam sua complexidade. Isso é consequência direta da sin-

tropia, da junção de variáveis criando o novo, que justifica, por exemplo, a ideia de que a totalidade é sempre superior ao somatório de suas partes. Aqui se entende que não existem partes em absoluto; apenas um ponto na intrincada teia de relações que forma a totalidade em constante processo de evolução ou totalização (Capra e Steindl-Rast, 1991; Santos, 1997).

Entender a complexidade em si não é apenas conhecer imensas redes descontínuas de variáveis que se combinam diacronicamente buscando caminhos distintos; compreender a complexidade sistêmica é uma proposta pessoal de direcionar a mente para o campo teórico quântico, para o campo das inúmeras possibilidades futuras.

Pensar a complexidade significa também não buscar conhecer os eventos pela linearidade causal segundo a qual o futuro sempre pode ser conhecido. Pensar a complexidade é ir além, fugindo do paradigma clássico, verificando que, quanto mais variáveis estão em um sistema, mais este se torna capaz de gerar fenômenos improváveis.

A complexidade é em si um emaranhado de interconectividades entre redes que se sobrepõem, assim como as grandes redes verticais e horizontais estudadas no campo da geografia.

Em nossos dias, quando o meio geográfico é técnico-científico-informacional, a dinâmica das redes se torna cada vez mais empírica, visível, compreensível. Ela existe em cada negócio, em cada exportação. As redes que se inter cruzam formam a grande dinâmica que, atualmente, dependendo da escala, tudo une.

Essas redes são representações analíticas de sistemas complexos; verifique, por exemplo, a bolsa de valores e suas variações. Perceba que grandes crises da bolsa, como o efeito tequila ou mesmo a crise do Japão, surgiram pela interconectividade sistêmica e são fruto da complexidade dos dias atuais.

Portanto, como a cada dia aumentamos a complexidade dos sistemas do planeta, mudanças podem também afetar o equilíbrio do padrão de organização da Terra. É importante ressaltar que geralmente os padrões se mantêm por mais tempo resistindo à mudança. De forma diferente, internamente os subsistemas vivem em constante mutabilidade.

Internamente, o que antes estava em ordem, em virtude do jogo sistêmico de auto-organização, entra em estado de desordem, sendo posteriormente sucedido por nova organização e momentâneo estado de ordem. Isso desfaz o mito positivista de que a ordem gera progresso de forma linear e controlada.

Esse fenômeno de desorganização e de reestruturação está na base da evolução por aumento de complexidade. O processo de sucessão que envolve a ordem-desordem-organização-nova ordem é o próprio mecanismo de auto-organização na flecha do espaço-tempo.

Exemplo de fácil compreensão é a dinâmica diária que ocorre em um manguezal. Durante o dia, ele está aparentemente ordenado, ou melhor, em equilíbrio relativo. Contudo, quando um manguezal recebe dejetos orgânicos e inorgânicos, entra em estado de desordem sistêmica e, posteriormente, volta ao estado de equilíbrio dinâmico, que nos remete à formação de nova ordem, mais complexa.

A dinâmica de cada manguezal, no entanto, evolui espacialmente de forma relativa, visto que diz respeito ao conjunto de variáveis que faz parte de cada dinâmica diária do manguezal. Assim, a evolução é espacial, porque possui um determinado conjunto de variáveis que proporciona a mudança em um tempo que também decorre dessa singularidade. Por isso, a evolução é espaçotemporal, e não apenas temporal ou espacial. Nesse sentido, acredito comprovar que o espaço-tempo é relativo, ou seja, é relacional a cada conjunto espacial de variáveis, e isso determina que

a flecha do tempo ocorra de forma própria, singular a cada lugar geográfico.

Desse modo, diariamente os manguezais têm sua complexidade ampliada, sua estrutura alterada por aumento de complexidade. A cada dia surge um novo mangue, da mesma maneira que a cada dia fazemos, conjuntamente, um novo mundo, mais complexo. A complexidade e seu aumento constante demonstram que a cada dia nasce uma relação espaço-temporal própria, singular e muitas vezes imprevisível.

Um lindo exemplo de aumento constante de complexidade está presente na metodologia utilizada por Nise da Silveira.²

Nise da Silveira e seu método psiquiátrico por aumento da complexidade³

Assim como todo gênio, Nise da Silveira (1905-1999), por estar na vanguarda, teve uma vida muito atribulada, e a inveja e o preconceito acompanharam seus dias, gerando-lhe muitos problemas que se transformaram em um grande aprendizado de vida.

Em seus primeiros anos de atividade profissional, Nise foi acusada de comunista e presa. Assim conheceu Graciliano Ramos e fez parte do clássico *Memórias do cárcere*.

Tendo como preocupação central de sua vida acabar com as injustiças e violências cometidas em sua época nos hospitais psiquiátricos, foi pioneira na luta antimanicomial no Brasil. Em 1944, após ser solta, foi integrada ao Centro Psiquiátrico Nacional

² Nise da Silveira foi uma renomada psiquiatra brasileira. Dedicou sua vida à psiquiatria e manifestou-se radicalmente contrária às formas agressivas de tratamento de sua época, tais como o confinamento em hospitais psiquiátricos, o eletrochoque, a insulino-terapia e a lobotomia.

³ Fonte: Wikipédia. A enciclopédia livre.



Pedro II, no bairro do Engenho de Dentro, no Rio de Janeiro, onde retomou sua luta contra as técnicas psiquiátricas que considerava agressivas aos pacientes.

Nesse mesmo hospital, que um dia a reverenciaria, Nise, por se recusar a aplicar eletrochoques em seus pacientes, foi transferida para o trabalho com terapia ocupacional, naquela época menosprezada pelos médicos.

Mais uma vez o destino premiou Nise, que, em 1946, fundou nessa instituição a Seção de Terapêutica Ocupacional, em que criou ateliês de pintura e modelagem, buscando possibilitar aos doentes reatar seus vínculos com a realidade por meio da expressão simbólica e da criatividade, revolucionando a psiquiatria praticada no país. Funda, então, com a obra de seus pacientes, o Museu das Imagens do Inconsciente, localizado no Engenho de Dentro.

O método

No trabalho realizado com seus pacientes, Nise verificava como estava o sentido ordem-desordem em cada um.

Na metodologia utilizada, o psiquiatra acompanhava detalhadamente os trabalhos desenvolvidos por seus pacientes. Em sua observação clínica e no desenvolvimento desse método, caberia ao terapeuta acompanhar e debater com o paciente suas obras, até que ele atingisse um novo grau de consciência, aproximando-se do estado que se considerava de normalidade.

Nesse caso, o trabalho desenvolvido por Nise não era apenas pioneiro no campo psiquiátrico; era, na prática, um método sistêmico. Nise fora aluna de Carl Gustav Jung (1875-1961), ex-aluno de Freud (1856-1939) e fundador da psicologia analítica, que desenvolvera um método próprio baseado na análise de mandalas.

O primeiro nome atribuído à psicologia analítica, aliás, fora psicologia dos complexos. Por meio desse conceito, Jung buscava compreender os vários grupos de conteúdo psíquico que se separam da consciência, passando a atuar no inconsciente, em que continuam, em existência autônoma, a influir na psique do ser humano.

O sentido de complexo na teoria junguiana é o de um grupo de imagens que se relacionam entre si, que têm acerto emocional comum e que se formam em torno de um núcleo (arquétipo). O trabalho de Nise, portanto, tem sua gênese na própria compreensão de que a mente humana é complexa.

Por isso, quando o mecanismo metodológico foi colocado em prática, Nise aplicou o método da complexidade. No caso das mandalas, quando em movimento (totalização), elas formam outras imagens por aumento de complexidade.

Mandala é a palavra sânscrita que significa círculo, uma representação geométrica da relação existente entre o homem e o cosmo. Trata-se da representação plástica e visual do retorno à unidade divina. A mandala compreende uma representação do todo. É a integração do todo com a parte, ou melhor, com seus componentes, que se dispõem sistemicamente formando um todo, o qual, se colocado em movimento, alcançará outra disposição.

Assim, Nise também buscou conhecer a formação individual a partir da ideia da análise do todo pelas partes. Em seu método, que se assemelha à autopoiese, desenvolvida por Maturana e Varela, vê a mente como um elemento que recebe fluxos externos capazes de redinamizar sua totalidade por aumento da complexidade. Ao acompanhar seus pacientes, o médico tende a gerar fluxos externos que, por aumento de complexidade, trabalham a dinâmica da mente colocando-a em estado de alteração, totalização por auto-organização e aumento constante da complexidade.

Aqui referenciamos a diferença entre o pensar clássico e o pensar sistêmico. No pensamento clássico, o sentido do fluir se

condiciona de forma linear, sendo passado, presente e futuro sequenciais. Logo, projeta-se a evolução do quadro clínico linearmente, buscando resultados por causa/efeito. Choque elétrico, resposta e obediência.

Segundo Nise, porém, espera-se do paciente outro grau de respostas não lineares, em que sua mente evolui por aumento de complexidade sistêmica. Parabéns ao povo do Engenho de Dentro por abrigar essa casa de luz.

Criticalidade auto-organizadora (CAO)

A auto-organização é um princípio básico de todos os mecanismos complexos. Ela sempre emerge a partir das relações de troca suscitadas pelas dinâmicas sistêmicas tanto interna quanto externamente.

O grande geógrafo Orlando Valverde (1986) sabiamente nos ensina como a floresta Amazônica, mesmo possuindo solos pobres, pelo fato de serem constantemente lixiviados, se sustenta, mantendo intensa complexidade de relações e uma floresta que alcança estratos que podem atingir mais de 30 metros. Segundo Valverde, o ecossistema da hileia mantém formação-clímax autossustentada que independe da fertilidade do solo.

Esse mecanismo ocorre em virtude de a água que participa do ciclo hidrológico local e que é extraída do tabuleiro terciário que compõe a dinâmica local ser rica em ácido húmico, tendo pH muito baixo. Essa água recolhe os nutrientes que provêm da fauna arbórea por meio de dejetos de aves, macacos, insetos, bem como dos restos de animais e vegetais que ali viviam. É importante ressaltar que, nessa floresta, as raízes não vão além de 1 metro de profundidade, o que lhes facilita o aproveitamento desses nutrientes em seu mecanismo de alimentação.

Nesse mesmo sentido, os processos de auto-organização ocorrem em determinada escala espacial e temporal, e seu estado crítico de auto-organização, ou autoajuste, é alcançado sem necessidade do ajuste de qualquer variável ou parâmetro seguindo as seguintes premissas:

1. sistemas auto-organizados possuem *feedback*;
2. apresentam complexidade, pois se relacionam com a junção de inúmeras variáveis;
3. apresentam emergência de novo padrão de organização do sistema;
4. possuem intrincada relação interna de suas variáveis, pois seus elementos se dispõem de forma interconectada.

Teoria do Caos

Em 2004, o diretor norte-americano Eric Bress lançou o filme *Efeito borboleta (Butterfly Effect)*, no qual um jovem consegue retornar fisicamente a seu corpo de criança no intuito de eliminar de vez todos os problemas do passado. A cada volta ao tempo, porém, tudo se complica ainda mais para o protagonista da história.

O filme, na verdade, só reitera a ideia de que o cinema americano ou é muito desinformado, ou gosta de ser incoerente no aspecto científico, como na sequência de *Jurassic Park*, em que dinossauros que viviam em determinado padrão geológico-ecológico se adaptam de modo estranho ao nosso atual padrão atmosférico.

Por que *Efeito borboleta* constitui um desrespeito à ciência? Segundo Albert Einstein (1879-1955), é possível voltar no tempo, sim, e isso se relaciona à não existência de nada além da velocidade da luz; assim, se for além dela, você voltará no tempo.

Por isso, se você entrasse em uma máquina que vai além da velocidade da luz, como não existe nada além dela, você voltaria ao passado.

Contudo, se você encontrasse seu avô ainda criança, portanto, antes de conhecer sua avó, e por um acidente matasse essa criança, como você poderia existir se o matou? Essa indagação é conhecida como paradoxo do avô.

Se, entretanto, voltar no tempo, pelo menos na teoria, é possível, qual será a solução lógica para essa questão? Segundo os físicos quânticos, você voltaria para outra dimensão do espaço-tempo, portanto, para um lugar onde você ainda não existe. Nesse caso, como o protagonista poderia alterar sua dinâmica do presente se seu passado já passou?

Essa explicação demonstra o que Heráclito de Éfeso (540-470 a.C.) já havia anunciado: o passado jamais volta, ele nunca se repete. Na verdade, o amanhã é uma construção do hoje, do agora, do que fazemos no planeta. O planeta, por sua vez, evolui sintropicamente, sendo o aumento de sua complexidade sua própria dinâmica. O futuro é uma construção do agora, das variáveis que só existem em conjunto hoje e que nunca mais existirão.

Considerando o filme, quer-se demonstrar que um mínimo efeito provocado no passado geraria uma mudança radical no futuro. No caso, a Teoria do Caos observa, com base em um conjunto de regras, que um pequeno elemento em um fluxo pode alterar radicalmente a dinâmica esperada. É assim que entendemos a frase clássica: "O bater de asas de uma borboleta no Brasil pode provocar um tornado no deserto do Texas" (Lorenz, 1996).

A Teoria do Caos demonstra a existência da imprevisibilidade e do acaso não linear, contrariando o paradigma clássico em sua epistemologia. Ela em si é um processo de auto-organização (Fiedler-Ferrara e Cintra do Prado, 1995; Gleick, 1989; Lorenz, 1996; Camargo, 2005).

As principais características dos eventos caóticos, segundo Stewart (1991), Prigogine (1993), Ruelle (1993) e Lorenz (1996) são:

1. sistemas caóticos são sensíveis a suas condições iniciais, em que uma pequena mudança pode causar enorme diferença em sua previsibilidade inicial, apresentando grau aleatório nas respostas a longo prazo;
2. sistemas caóticos não ocorrem com apenas duas variáveis; só existem a partir de três variáveis, e, quanto mais complexo for um sistema, maior será sua possibilidade de caos;
3. o início do processo caótico depende de uma bifurcação;
4. sistemas caóticos possuem previsibilidade zero em seu ponto de partida;
5. eles ocorrem em espaço limitado.

Teoria das Estruturas Dissipativas

A Teoria das Estruturas Dissipativas, criada pelo físico russo naturalizado belga Ilya Prigogine (1917-2003), demonstra que os processos que se auto-organizam o fazem porque evoluem por sintropia, sendo a junção sistêmica de variáveis a responsável evolutiva desse mecanismo.

Segundo Prigogine (1996), a flecha do tempo segue um fluxo descontínuo em que, assim como em uma espiral, a evolução é contínua. Para o autor, 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.

Essa teoria também descreve a auto-organização como seu princípio básico e torna-se mundialmente conhecida quando seu criador ganha com ela o prêmio Nobel de físico-química em 1977.

MATERIAL DE APOIO AO CURSO DE FÍSICA
AMBIENTES E TERMOLOGIA

Tal mecanismo se diferencia dos postulados tradicionais do segundo princípio da termodinâmica da entropia ao verificar que os processos físico-químicos não se perdem no sentido da entropia, mas sim apresentam novo patamar de organização por sintropia (Prigogine e Stengers, 1984; Camargo, 2005). Desse modo, os elementos internos de um sistema se dissipam buscando nova totalidade a partir da desordem sistêmica e se reencontram em nova ordem ou novo patamar de organização.

Os fluxos se dissipam, pois entram em nova ordem de "arranjo", não linear, com a própria natureza se transformando em algo novo. Capra (1996) nos apresenta essa nova noção de não equilíbrio e de não linearidade, em que, longe do equilíbrio, os múltiplos laços de realimentação do sistema geram o novo.

A emergência de novos patamares de organização se relaciona com a sinergia encontrada pelas estruturas que se dissiparam. Assim, as variáveis internas que ocupam determinado espaço se dinamizam em um tempo relativo à sua organização. Esse mecanismo é, portanto, espaçotemporal, pois cada um é relativo e evolui a partir da relatividade encontrada nesse espaço, gerando um tempo próprio ou um espaço-tempo específico.

Desmente-se aqui a total separação do tempo absoluto e do espaço absoluto. A Teoria das Estruturas Dissipativas traz para o debate científico o modo como ocorre a evolução.

5. Contradições dos paradigmas

	Paradigma clássico	Paradigma sistêmico
Fragmentação	A totalidade é subdividida em partes isoladas, individuais	Não existem partes em absoluto, apenas frações interconectadas ou subsistemas interconectados
Mutabilidade x imutabilidade	O universo é imutável, estável e sincrônico	O universo está em constante mutabilidade, mudança
Totalidade	Nesse paradigma, a totalidade é igual ao somatório de suas partes	Aqui, a totalidade, sendo um sistema em evolução, é sempre superior ao somatório de seus subsistemas interconectados
Dinâmica interna	É repetitiva, cíclica	O planeta vive em constante processo de revolução interna causada por sua própria dinâmica de trocas não lineares e por seu mecanismo de <i>feedback</i>
Previsibilidade	O universo é previsível, pois é fechado e circular (onde ocorre o eterno retorno)	O universo é dinâmico e aceita o acaso como elemento científico fruto da combinação de variáveis
Certeza	No paradigma cartesiano, a crença era a de que o conhecimento científico poderia levar à certeza final e absoluta	Com o novo paradigma, sabe-se que os conceitos atuais são limitados e que a ciência nunca deixa de evoluir

5. Contradições dos paradigmas (cont.)

Dinâmica interna dos sistemas	Estruturalista	Nesse paradigma, o espaço está sempre em movimento em virtude do princípio de auto-organização
Conceito de espaço geográfico	Espaço absoluto de base newtonianas	Espaço-tempo quadridimensional que surge a partir da Teoria da Relatividade