

Abordagens contemporâneas da complexidade

Contemporary approaches to the complexity

Djalma Ferreira Pelegrini¹

Resumo

Os desequilíbrios econômicos, o agravamento da problemática ambiental, dentre outros problemas contemporâneos, têm sido interpretados como sintomas de uma crise da modernidade, que, juntamente com desenvolvimento da ciência, da tecnologia e dos diversos domínios acadêmicos, conduziu ao questionamento dos padrões científicos usualmente adotados e ao surgimento das teorias da complexidade. Com o objetivo de avaliar as contribuições e as características predominantes dos discursos de algumas das principais vertentes de estudo da complexidade, este trabalho investiga as filiações teóricas das abordagens da complexidade, e apresenta uma síntese dos discursos de Ilya Prigogine e Edgar Morin e das posições de outros importantes autores que discutem essa temática.

Palavras-chave: Complexidade. Sistemas Complexos. Metaciência.

Abstract

The disequilibrium economics, worsening of environmental problems, among other contemporary problems, have been interpreted as symptoms of a modernity crisis that, jointly with the development of science, technology, and of several academia domains, led to the questioning of presently adopted scientific standards, and to the rise of complexity theories. This study evaluates the contributions and major characteristics of the discourses of some of the principal lines of complexity studies, investigating the theoretical sources of complexity approaches, and it presents a synthesis of Ilya Prigogine and Edgar Morin discourses, and the positions of other important authors studying this theme.

Key-words: Complexity. Complex Systems. Metascience.

¹Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia. Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. E-mail: djalma@epamig.br.



1. Introdução

No decorrer das últimas décadas do século XX, diversos autores, representativos dos diversos campos do conhecimento, apontaram o agravamento de uma crise nos fundamentos das ciências. Para alguns, trata-se apenas de um necessário rearranjo nas fronteiras dos campos de pesquisa, em função do desenvolvimento científico e tecnológico sem precedentes na história da humanidade. Outros, porém, explicam a frequente incompatibilidade entre teoria e realidade fundamentando-se nos problemas do racionalismo ou na inaplicabilidade do projeto da modernidade.

A afirmação de que a modernidade está em crise tem sido frequentemente repetida nos dias de hoje, por diversos autores. Procede-se ao diagnóstico dessa crise, principalmente, pela identificação de seus sintomas, expressos no agravamento da problemática ambiental, nos desequilíbrios econômicos do capitalismo especulativo global, do sistema político ocidental falsamente representativo (cujos pleitos são, em princípio, reputados como democráticos, porém, os vencedores, em geral, são agentes do poder econômico), no avanço da ideologia neoliberal, na elevação das taxas de desemprego e pobreza, inclusive nos países ricos, etc.

Para alguns, há um sentimento de mal-estar diante do “sistema de racionalidade”, que conduz ao questionamento da ciência, de seus métodos e de seu poder hegemônico. As avaliações desencadeadas em anos recentes incluem também a verificação dos padrões racionalistas, pretensamente científicos. De certo modo, está em xeque o valor explicativo de inúmeras teorias reputadas como científicas, ou seja, há uma carência de parâmetros que sirvam de base para explicações mais detalhadas da realidade.

É neste contexto, configurado nas últimas décadas, quando surgiram preocupações no sentido de tornar possíveis estudos sobre temáticas muito amplas, tendo em vista as possibilidades de reorganização dos saberes a partir de novos fundamentos, que vem se destacando, nos meios acadêmicos, um corpo de ideias identificadas genericamente pela expressão “teoria da complexidade”. No momento em que se promove a divulgação das ideias relacionadas à complexidade, vem à luz inúmeros artigos e livros, enquanto se organizam reuniões científicas dedicadas a este assunto.

Facilmente se encontram, nos vários domínios do saber, diversas concepções relacionadas à complexidade, de modo que se torna necessária uma investigação minimamente detalhada, em condições de permitir alguma diferenciação entre as diversas abordagens que tratam deste tema. Se se pode afirmar que as abordagens da complexidade têm origens em uma mesma matriz, será possível identificar analogias em seus discursos?

Tendo em vista estas considerações, neste artigo procuramos avaliar as contribuições e as características predominantes dos discursos de algumas das principais vertentes de estudos realizados sob a égide da complexidade. Na primeira, agrupamos os trabalhos direcionados para o estudo dos sistemas complexos, cuja interpretação é procedida com ou sem o uso de ferramentas de modelagem computacional, para tratamento de dados quantitativos e de informações qualitativas. Tais trabalhos têm em comum o fato de apresentarem como fundamentos, teorias de base matemática, identificadas com a complexidade determinística, transpostas por analogia, ou como metáforas, da física ou da química. Neste caso, a obra do físico-químico Ilya Prigogine constitui, talvez, a principal referência teórica, uma vez que sua perspectiva pode ser entendida como uma síntese das posições de Haken, Bohr, Heisenberg, Poincaré e Boltzmann, dentre outros.

Identificamos a segunda vertente aos trabalhos de natureza propositiva, em que predominam o discurso argumentativo, de caráter metacientífico, histórico, filosófico ou literário. Neste grupo, frequentemente se faz uso da noção de paradigma. Para esta vertente, Edgar Morin é o autor de referência. Existem, contudo, outros ideários a respeito da complexidade, mas que não serão aqui discutidos, a exemplo da complexidade social concebida por Niklas Luhmann.

2. Sobre o conceito de complexidade

Se, com algum empenho podemos rastrear as matrizes das abordagens da complexidade, como também os empréstimos de que fazem uso, a tarefa de elucidar com precisão o significado da noção de complexidade se mostra sobremodo laboriosa, uma vez que não encontramos apenas uma corrente de pensamento que adota este rótulo.

As abordagens da complexidade, em geral, tomam como referências

inúmeras teorias avessas à ciência tradicional. O rompimento crítico com a perspectiva dominante caracteriza as posições de inúmeros autores, que, embora afinados na composição de um discurso contrário aos padrões usuais adotados na produção acadêmica contemporânea, defendem ideários diversos. Na interpretação de Waldrop (1992), os adeptos da complexidade têm em vista a formulação de uma rigorosa alternativa teórica capaz de contrapor o pensamento linear, que domina a ciência desde a época de Newton.

Alguns dos críticos da complexidade a percebem como uma simples moda, e esperam que ela passe, enquanto outros identificam problemas de solução difícil que a teoria elaborada falha em resolver, ou mesmo em abordar com sucesso (SUTEANU, 2005).

Apesar da variedade de sugestões sobre o significado do termo complexidade, nossa pesquisa levou-nos à compreensão de que esta é uma noção ainda pouco clara. David O'Sullivan (2004) explica que a noção de complexidade tem sido mal definida e aparece, frequentemente, como parte de um diversificado conjunto de crenças que confrontam a ciência tradicional, acusada de impor uma visão reducionista e determinista.

A falta de clareza com que muitas noções sobre a complexidade são expostas encontra explicação na avaliação de Suteanu (2005, p. 125), quando afirma que “a teoria da complexidade é profundamente metafórica”. De seu ponto de vista, “[...] alguns problemas são simplesmente complicados demais para oferecer soluções lógicas e racionais. Admitem percepções, não respostas”. Neste quadro, as metáforas desempenham uma função importante no processo de entendimento, apesar do risco de surgirem mal-entendidos. Contudo, Suteanu (2005) entende complexidade como um domínio científico definido, com métodos aplicáveis em nível prático. De maneira similar a muitos outros pesquisadores que abordam temáticas relacionadas à complexidade, vale-se da noção de paradigma para avaliar o contexto em que tais teorias têm sido inseridas nos meios acadêmicos.

O'Sullivan (2004) concorda que o debate em torno da complexidade tem produzido um rico vocabulário de metáforas, que visam descrever as dinâmicas dos sistemas, entre elas a “auto-organização” e a “emergência”, dentre outras. Complexidade, assim como a noção de caos e de catástrofe, tem recebido forte influência da linguagem cotidiana, o que provoca problemas em sua definição. Além disso, a noção de complexidade tem inúmeras aplicações, o que contribui mais

ainda para a confusão a respeito de seu significado. Ao redemoinho de definições conflitantes, os escritos acadêmicos dificilmente escapam.

Na teoria dos sistemas, complexidade significa não apenas não linearidade, mas um grande número de elementos com muitos graus de liberdade. Essa é a perspectiva defendida por Mainzer (1997), segundo a qual o grande sistema de complexidade é composto por todos os sistemas macroscópicos, que consistem em átomos, moléculas, células, organismos, pedras, planetas, nuvens, líquidos, plantas, animais, e sociedades humanas.

George P. Malanson (1999, p. 747) procurou contribuir para a elucidação da noção de complexidade, quando propôs que “o objetivo da ciência de complexidade é entender como processos simples e fundamentais derivados do reducionismo podem combinar para produzir sistemas holísticos complexos”. Para tanto, sugeriu que as abordagens reducionistas características procuram oferecer explicações com base no isolamento das partes de um fenômeno em unidades analíticas menores, e no exame das interações entre as partes que o compõem. Fazendo-se uso de abordagens reducionistas, consegue-se oferecer boas explicações quando se usam dados, o que constitui um ponto forte. Porém, não detém base filosófica para análises mais amplas.

Por outro lado, o holismo se dirige ao comportamento de uma estrutura inteira procurando explicação na identificação dos princípios explicativos mais simples. Assim, se existem dados suficientes, surgem respostas adequadas, porém, se os dados não são precisos, dificilmente se chega a uma explicação. Na perspectiva da complexidade determinística, uma definição de complexidade envolve sistemas que têm informação em todos os níveis, nem totalmente aleatória, nem totalmente correlacionada (MALANSON, 1999).

Dos textos de Edgar Morin, sobressai a compreensão de que sua abordagem da complexidade não desconsidera a análise em favor da síntese. Análise e síntese são entendidas como operações complementares. De algum modo, tal enfoque relaciona-se à superação das diferenças, ou melhor, uma complementaridade, entre reducionismo e holismo. Adiante voltaremos à discussão sobre a concepção de complexidade de acordo com Edgar Morin.

3. Filiações teóricas e antecedentes da complexidade

Parece claro que as ideias que deram origem à noção de complexidade remontam a antigos ideários. Uma investigação mais criteriosa a respeito de sua gênese poderá conduzir-nos a obras escritas por pensadores que viveram há dois ou três séculos atrás. A pesquisa sobre as posições defendidas por Blaise Pascal e por alguns representantes da Filosofia da Natureza, certamente poderá oferecer algumas pistas capazes de conduzir à reconstituição das matrizes teóricas das abordagens da complexidade.

A origem do “pensamento complexo”, se é que podemos utilizar esta expressão, certamente tem ligação com a forma típica de pensar estabelecida desde o início da modernidade. Uma vez que Gomes (1996) afirmou que o debate epistemológico durante a modernidade alimenta-se justamente do combate entre duas grandes correntes de ideias, há evidências de que a noção de complexidade contém elementos análogos aos apresentados por uma delas. Alguns mecanismos próprios de pensamento sugeridos pelos proponentes das abordagens da complexidade, a exemplo da rejeição da análise como meio único de alcançar o conhecimento, a preocupação com a apreensão da totalidade, a busca pela aproximação dos campos do saber, dentre outros, permitem-nos relacionar estas abordagens ao segundo “pólo epistemológico” destacado por Gomes (1996), ou seja, às correntes antirracionalistas.

É de supor que o vigor do racionalismo, como movimento cultural e filosófico, expresso nos discursos científicos e filosóficos elaborados durante os últimos séculos, ofuscou o brilho da produção intelectual, à época, contrária ao pensamento hegemônico. As influências menores, por isso, muitas vezes são tomadas como inexistentes, e, assim, concepções antigas podem reaparecer, hoje, como originais, em face do difícil rastreamento de suas origens.

Algumas destas influências menores surgiram do círculo de amizades de Descartes. Tal é o caso de Blaise Pascal (1623-1662) que, de início, influenciado pelo racionalismo cartesiano, interessa-se pela matemática, acreditando podê-la utilizar em todos os domínios. Contudo, percebeu os limites desse procedimento e desenvolveu pensamento próprio. Para Pascal, a fé, o coração, o sentimento e o instinto são instrumentos para alcançar o conhecimento, que têm o mesmo valor que a razão, se não superior. A percepção de que a imbricação dos fenômenos e

processos não permite o avanço a contento do conhecimento de forma fragmentária, aparece expressa nos textos de Pascal:

Donc toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates, et toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible que lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties (PASCAL, 1954, p. 1110).

Provinda da pena de um pensador do século XVII, esta frase tem sido frequentemente citada como indicativo de que a rejeição à visão parcelar e fragmentária dos saberes encontra oponentes antigos. É necessário ainda investigar a influência exercida pelas filosofias da natureza, e que teve em Schelling (1775 - 1861) e Goethe (1749 - 1832), alguns dos principais representantes durante os séculos XVIII e XIX, sobre as abordagens da complexidade. De acordo com Steiner (1986, p. 20-21), a expressão atribuída a Goethe, segundo a qual “a teoria em si e por si para nada serve se não nos faz crer na conexão dos fenômenos”, seguia acompanhada da recomendação de que, para toda a ciência, este procedimento deveria ser adotado. Segundo Gomes (1996, p. 98), “o método da Filosofia da Natureza é a rejeição da análise como meio de alcançar um verdadeiro conhecimento. Os organismos devem ser vistos como um todo, uma síntese da realidade global”. Não se trata de negar a importância da análise, mas, de completar o raciocínio procedendo-se à síntese.

A Filosofia da Natureza, conforme o pensamento de Schelling, não pretendia suprimir as concepções metodológicas tradicionais, consideradas satisfatórias em inúmeros aspectos, mas que se mostravam incapazes de explicar a essência própria da natureza. Em sua visão, os fenômenos podem ser medidos por procedimentos físico-matemáticos, porém, não constituem a realidade total. De acordo com Hirschberger (1967), Schelling pretendia chamar a atenção para alguns aspectos da realidade que a concepção mecânico-quantitativa da natureza não conseguia explicar. “A Filosofia da natureza pretende mostrar o centro íntimo, o fundamento e a fonte donde procedem os fenômenos” (HIRSCHBERGER, 1967, p. 376-377). A identificação das características próprias da Filosofia da Natureza permite-nos inferir as similitudes deste ideário relativamente às abordagens contemporâneas sobre a complexidade.

Como um dos principais representantes da hermenêutica moderna e do
Cad. de Pesq. Interdisc. em Ci-s. Hum-s., Florianópolis, v.14, n.104, p.178-202, jan/jun 2013

pensamento romântico de seu tempo, J. G. Herder também pode ser apontado, ao lado de Schelling, Fichte (1762-1814) e Goethe, dentre outros, como opositor da ciência eminentemente racional e do universalismo da razão.

O debate em que se opõem, de um lado, as abordagens de conjunto, e, de outro, as que se pautam pelas sub-totalidades, não é uma novidade introduzida “[...] pelos confrontos entre modernos e pós-modernos, mas acompanharam igualmente os desenvolvimentos das formulações positivistas, historicistas e funcionalistas [...]”, desde o século XIX. Esta é uma das conclusões a que chegou Carvalho (2004, p. 72), que inclui Friedrich Ratzel entre os teóricos precursores das abordagens da complexidade.

Os avanços alcançados nos domínios da física e da química, durante os séculos XIX e XX, conduziram a aprofundamentos teóricos que culminaram com as posições de Bohr, Heisenberg e Boltzmann, dentre outros, de sorte que o surgimento das abordagens da complexidade decorre do desenvolvimento científico e tecnológico dos últimos séculos, conforme se pode depreender do texto de Prigogine e Stengers (1979).

Os progressos atingidos em diversos campos do saber, especialmente a partir das últimas décadas do século XIX, despertaram o interesse pelo estudo dos sistemas, tema explorado por Ludwig von Bertalanffy no livro *General System Theory*. As críticas endereçadas à “ciência moderna”, nos últimos anos, e dirigidas por Edgar Morin, Boaventura de Sousa Santos, Ilya Prigogine, dentre outros, foram antecipadas por Bertalanffy, quando acusou a crescente especialização dos campos de estudo e a fragmentação disciplinar.

Se é que a noção de complexidade goza, hoje, de alguma clareza, podemos apontar que, sob diversos aspectos, ela está fundada na contestação dos padrões reinantes na “ciência clássica” e na “ciência moderna”. Nos textos escritos por Edgar Morin e Ilya Prigogine, dentre outros, podem ser listadas inúmeras críticas à ciência moderna. Argumentos típicos desta corrente de pensamento foram arrolados por Bertalanffy, em meados do século XX.

Modern science is characterized by its ever-increasing specialization, necessitated by the enormous amount of data, the complexity of techniques and of theoretical structures within every field. Thus science is split into innumerable disciplines continually generating new subdisciplines (BERTALANFFY, 1980, p. 30).

Antes de Morin posicionar-se contra a atual ordem dos saberes, Bertalanffy acusou o encapsulamento dos biólogos, psicólogos e outros profissionais em universos privados e incomunicáveis, e o surgimento de problemas, concepções semelhantes, simultaneamente, em campos amplamente diversos, em 1937, data da primeira edição de *General System Theory*. Posteriormente, noções, modelos e perspectivas de abordagem similares, apareceram, independentemente, em diferentes campos de estudo.

In short, “systems” of various orders not understandable by investigation of their respective parts in isolation. Conceptions and problems of this nature have appeared in all branches of science, irrespective of whether inanimate things, living organisms, or social phenomena are the object of study (BERTALANFFY, 1980, p. 37).

A leitura de *General System Theory*, de Bertalanffy, também revela uma preocupação recorrente, a saber, para com a percepção da totalidade. Bertalanffy (1980) compara os procedimentos adotados pelos cientistas no passado aos que, em seu tempo, e a seu ver, constituíam uma tendência. No passado, os fenômenos observáveis reduziam-se à interação de unidades elementares investigáveis de maneira independente umas das outras. Os procedimentos que Bertalanffy (1980, p. 37) identifica como contemporâneos tratam de problemas de organização, de “fenômenos que não se resolvem em acontecimentos locais”, de “[...] interações dinâmicas manifestadas na diferença de comportamento das partes quando isoladas ou quando em configuração superior, etc.”. Estas são questões de outra ordem, que não a da postura tradicional, e dizem respeito à busca de compreensão da totalidade. “A teoria geral dos sistemas, portanto, é uma ciência geral da “totalidade”, que até agora era considerada um conceito vago, nebuloso e semimetafísico” (BERTALANFFY, 1980, p. 37).

Ora, tendo em vista estes esclarecimentos, não constitui exagero afirmar que a preocupação com a compreensão da totalidade apresenta-se como questão fundamental para Bertalanffy. De modo semelhante, esta preocupação que também compunha o quadro teórico no qual movia o pensamento de Pascal e de alguns dos filósofos da natureza, encontra-se também presente nos discursos que fazem menção à complexidade, nesta assumindo um caráter de centralidade.

4. Abordagens da complexidade

A procura pela compreensão da realidade complexa, frequentemente, aparece consubstanciada na proposta de aproximar conteúdos e saberes, e de relacionar os fenômenos aos diversos aspectos da realidade, de maneira a integrar o todo com as partes. Tais procedimentos não são de todo desconhecidos por pesquisadores que laboram nos diversos domínios do saber. Diante da variedade de tratamentos dados à mesma questão, consideramos útil buscar uma distinção entre as principais vertentes que tratam da complexidade, relativamente à natureza de suas proposições e ao sentido de seus discursos.

Nas ciências sociais, maior atenção tem sido dada às interações entre os diversos componentes dos sistemas complexos, em que “[...] o lugar corresponde a uma teia complexa de relações sociais, econômicas, políticas, dentre outras [...]”, pois a configuração espacial local afeta os resultados do sistema (O’SULLIVAN, 2004, p. 284). Para o referido autor, esta vertente de interpretação tem sido denominada de “complexidade agregada”, caracterizando-se pelo estudo de sistemas em que um grande número de componentes se encontra em interação, e o comportamento agregado de uma coleção de agentes representa uma sociedade ou um sistema. Os trabalhos conduzidos na linha da complexidade agregada direcionam-se à compreensão das interfaces e conexões que oportunizam visões ampliadas, conforme afirmou O’Sullivan (2004).

No domínio das humanidades e das ciências sociais, verificamos também a existência de abordagens que se caracterizam pela utilização de elementos discursivos de cunho filosófico, histórico e metacientífico, livres da preocupação com a solução de problemas práticos e da explicação de questões relativas aos sistemas complexos. Trataremos desta corrente adiante, quando procuraremos explicitar as principais linhas do pensamento de Edgar Morin, que, enquanto identifica uma crise paradigmática, propugna pela reforma do pensamento, ao antever a substituição do pensamento reducionista pelo pensamento complexo. Assim, os argumentos utilizados configuram um discurso apologético acerca da complexidade.

Outro conjunto de trabalhos sobre a complexidade pode ser identificado nos estudos cuja pretensão primordial parece constituir-se na interpretação de dados quantitativos e qualitativos de pesquisa, a partir de um certo número de instrumentos conceituais, os chamados sistemas complexos, em que a modelagem é o

procedimento mais usual. Esta vertente desenvolveu-se a partir de estudos realizados nos domínios da física e da química e tem sido denominada de complexidade determinística.

4.1. Complexidade determinística e modelagem de sistemas complexos

A percepção da complexidade surgiu nos trabalhos de Ilya Prigogine a partir da realização de estudos sobre a natureza, no campo da física e da físico-química. Na verificação que procedemos sobre algumas obras deste autor, não identificamos a preocupação de estabelecer uma teoria, ou o encadeamento de um discurso a respeito do tema “complexidade”. Contudo, a complexidade é percebida, de maneira ampla, a partir da identificação dos sistemas complexos: no sistema econômico, na linguagem, no cérebro dos mamíferos, ou até mesmo na mais humilde das bactérias, ou seja, em sistemas em que se verifica um grande número de elementos em interação (NICOLIS; PRIGOGINE, 1989). Uma pesquisa acerca dos pontos fundamentais do pensamento de Prigogine expõe o confronto entre suas ideias e a tradição ocidental, enquanto atesta a visão de que a ciência atual se encontra em franco processo de transição, juntamente com a humanidade. “A ciência clássica insistia sobre o repetitivo, sobre o estável, sobre o equilíbrio, enquanto hoje em dia, por toda parte, vemos instabilidade, evolução, flutuação” (PRIGOGINE, 2003, p. 50).

O dilema do determinismo, um dos temas centrais abordados por Prigogine, para além de sua centralidade no pensamento moderno, põe em questão nossa relação com o mundo. A recusa ou a concordância, acerca da existência da flecha do tempo, decorre da posição que adotarmos em relação ao determinismo: contrária ou favorável. “O futuro é dado ou está em perpétua construção?” (PRIGOGINE, 1996, p. 9).

Prigogine (1996) explica que, há poucas décadas, os físicos relacionavam a flecha do tempo a processos simples, a exemplo da difusão, do atrito, da viscosidade. Esses processos foram explicados, durante alguns séculos, apenas com o auxílio das leis da dinâmica. Durante as últimas décadas, passou-se a associar alguns fenômenos tidos como mais complexos, como a formação dos turbilhões, as oscilações químicas e a radiação laser, à irreversibilidade. “Todos esses fenômenos ilustram o papel construtivo fundamental da flecha do tempo. A irreversibilidade [...] é uma condição essencial de comportamentos coerentes em

populações de bilhões de moléculas” (PRIGOGINE, 1996, p. 11). Como decorrência desta compreensão, emergiu a consciência de que a ocorrência dos processos irreversíveis de não equilíbrio corresponde a uma importante etapa no surgimento da vida. Em sua visão, a noção de complexidade desempenha um papel importante na compreensão destes processos.

Essas elaborações teóricas surgiram durante as últimas décadas, em consequência do aprofundamento da pesquisa em novos campos, a exemplo da física dos processos de não equilíbrio e dos sistemas dinâmicos instáveis. O estudo dos sistemas dinâmicos instáveis conduziu ao reconhecimento do papel primordial exercido pelas flutuações e pela instabilidade. Prigogine e Stengers (1979, p. 167) denominam bifurcação ao ponto crítico a partir do qual um novo estado se torna possível.

Uma das implicações da percepção da complexidade, conforme Prigogine (2003, p. 50), é que ela “[...] nos conduz a uma nova forma de racionalidade que ultrapassa a racionalidade clássica do determinismo e de um futuro já definido”. Esta nova racionalidade não mais “[...] identifica ciência e certeza, probabilidade e ignorância”, e está relacionada ao “[...] surgimento de uma ciência que não mais se limita a situações simplificadas, idealizadas, mas nos põe diante da complexidade do mundo real [...]” (PRIGOGINE, 1996, p. 14). Essa percepção tem provocado repercussões no que diz respeito às noções de leis científicas. “Desde que a instabilidade é incorporada, a significação das leis da natureza ganha um novo sentido. Tanto na dinâmica clássica quanto na física quântica, as leis fundamentais exprimem agora possibilidades e não mais certezas” (PRIGOGINE, 1996, p. 11-12).

Em resumo, a importância das ideias de Prigogine não se restringe às suas opiniões a respeito da complexidade, mas diz respeito, principalmente, à contribuição que ofereceu no tocante à formulação de teorias de base, sobre as quais algumas das abordagens da complexidade se apoiam, cuja aplicação é significativamente mais importante no domínio das ciências naturais.

David O’Sullivan (2004) denomina “complexidade determinística” a vertente de interpretação relacionada à teoria do caos, em clara alusão ao comportamento dinâmico imprevisível de sistemas. Entende-se a auto-organização como uma tendência dos sistemas complexos e como noção-chave da complexidade determinística. “A complexidade determinística refere-se ao comportamento dinâmico imprevisível de sistemas determinísticos relativamente simples”

(O'SULLIVAN, 2004, p. 283). Assim, a complexidade determinística deve ser distinguida da “complexidade algorítmica”, que se refere à medida da dificuldade de solução de problemas em computação, e da “complexidade agregada”, relacionada ao estudo dos fenômenos caracterizados por interações entre muitos componentes distintos.

Nos estudos sobre complexidade determinística, a noção de sistemas complexos desponta como unidade de análise prioritária, principalmente porque, a partir dela, busca-se compreender os efeitos conjugados de todas as variáveis em interação. “Os sistemas complexos organizam-se a si mesmos, eles se organizam sem a direção de um nível mais alto, em um fenômeno emergente” (O'SULLIVAN, 1999, p. 285). De acordo com Mainzer (1997, p. 305), “[...] os princípios dos sistemas complexos sugerem que o mundo físico, social e mental é não linear e complexo”.

Bretagnolle et al. (2006) classificam como sistemas complexos os sistemas que apresentam dinâmicas simples não lineares, os sistemas químicos e físicos, em que as partículas, em número muito grande, apresentam comportamento reativo passivo, e os sistemas sociais que envolvem agentes inteligentes capazes de inovação e antecipação. Para estes autores, “a principal característica distintiva dos sistemas adaptativos complexos, é sua habilidade de exibir propriedades emergentes” e de surpreender o observador (BRETAGNOLLE et al., 2006, p. 2).

De acordo com Malanson (1999, p. 748), “os blocos de construção da ciência da complexidade são os sistemas de não equilíbrio com retornos que levam à não linearidade”. Assim, a “complexidade existe porque muitos dos processos, mesmo isolados, são não lineares”. A esse respeito, o comentário de Denise Pumain (2005, p. 5) inclui uma explicação detalhada a respeito da teoria das estruturas dissipativas e da sinérgica, que, juntamente com outras, compõem os referenciais de apoio às abordagens da complexidade determinística. A teoria das estruturas dissipativas “[...] sugere mecanismos interativos tais que as transformações de estado das partículas do sistema tornam-se correlacionadas entre si sobre grandes distâncias (relativamente à sua própria dimensão) e se auto-organizam segundo configurações macroscópicas” (PUMAIN, 2005, p. 5).

Segundo as elaborações de Prigogine e Stengers (1979, p. 156), o termo “estrutura dissipativa” traduz a associação entre a ideia de ordem e a de desperdício, e procura exprimir um fato fundamental: que a dissipação de energia e

de matéria (geralmente associada às ideias de perda de rendimento e de evolução para a desordem) torna-se, longe do equilíbrio, em fonte de ordem. Assim, a “dissipação está na origem do que se pode muito bem chamar de novos estados da matéria”.

A pesquisa realizada por Suteanu (2005), enquanto reconhece a ausência de uma definição aceita de complexidade, como uma ideia comum, assinala a existência de outros ramos componentes da complexidade, a exemplo da teoria fractal, autômato celular, redes neurais, etc., além da teoria do caos, evidentemente. Suteanu (2005, p. 126) também encontra nas teorias de Prigogine, fundamentos para seus estudos sobre complexidade, e aponta que as “flutuações fazem parte da dinâmica dos sistemas e representam a regra ao invés da exceção nos sistemas complexos reais”.

A partir dos primeiros anos da década de 1970, quando se verificou o aprofundamento dos processos que conduziram à reestruturação produtiva e organizacional nos países capitalistas centrais, os computadores tornaram-se instrumentos essenciais, tanto no controle dos processos de gestão industrial, financeira e organizacional, como na pesquisa. A informatização que se verifica em todos os setores da economia e nas instituições públicas, e a diversidade das repercussões que provocou especialmente no campo do trabalho, caracterizam um período único na história da humanidade. Paralelamente à rápida incorporação do computador como instrumento de trabalho, desenvolveu-se o segmento de *softwares* adaptáveis às mais variadas condições, inclusive à pesquisa. A modelagem simulada, utilizando-se recursos computacionais, tem sido o procedimento frequentemente utilizado nos estudos que abordam os sistemas complexos, que comportam um grande número de elementos em interação. De acordo com O’Sullivan (1999, p. 288), “presume-se que os modelos de computador podem ser usados como experiências controladas num programa de pesquisas que objetiva descobrir as leis que governam o comportamento dos fenômenos complexos”. A modelagem por computador tem sido preferida, em comparação aos procedimentos matemáticos tradicionais, devido, principalmente à melhor expressividade representacional, à maior amplitude de estilos representativos e à flexibilidade, que permite escapar ao formalismo matemático.

De modo particular, no campo de estudo dos sistemas complexos, verificou-se a substituição das técnicas tradicionais de modelagem matemática pela

simulação de modelos por computador, tornando as operações mais rápidas. Em função disso, Malanson (1999) refere-se ao computador como o instrumento das ciências da complexidade.

Entretanto, o êxito na condução de trabalhos de pesquisa com sistemas complexos está na dependência da capacidade dos modelos de computador de operacionalizarem a representação da realidade. Os pesquisadores não têm como esquivar do fato de que os modelos experimentais são modelos, “não o mundo em si mesmo”. Esta é uma das principais críticas levantadas por O’Sullivan (2004) à utilização de modelos de computador na representação de sistemas complexos.

O desenvolvimento de conceitos e teorias no âmbito das abordagens da complexidade, em grande medida, prescinde do uso de ferramentas de computador, uma vez que existe uma forte interdependência entre ferramentas e ideias no campo da modelagem simulada. Contudo, a capacidade que as ferramentas de computador detêm de predispor visões de mundo específicas, com frequência, escapa à percepção dos modeladores e intérpretes, conforme explicou O’Sullivan (2004). Esta consideração corrobora a afirmação de Malanson (1999, p. 750), quando esclarece que os modelos de sistemas complexos têm o “[...] poder de ajudar a criar e imitar um ponto de vista computacional do mundo”. Supõe-se que os modelos representam os fenômenos do mundo real. Entretanto, “as entidades e relacionamentos representados são construções teóricas [...] de modo que o modelo de computador representa uma teoria sobre o mundo, ao invés de ser o mundo em si mesmo”.

A esse respeito, a compreensão de O’Sullivan (2004, p. 291) é a de que persistem muitas dúvidas acerca da capacidade de representação dos modelos, em parte porque são, de fato, considerados falhos, e em parte porque não temos instrumentos para avaliá-los. “O resultado final é um modelo que, por si, também é complexo, cujo comportamento pode estar quase tão intratavelmente difícil de justificar, quanto o mundo que ele representa”.

Uma posição otimista em relação à utilização de modelagem computacional é defendida por Suteanu (2005), que, ao estudar a aplicação de teorias concernentes à complexidade, afirma acreditar no surgimento de uma nova Geografia, a partir de novas orientações. Por sua vez, Pumain (2005) chama a atenção para os riscos da analogia entre os sistemas vivos e os sistemas sociais: “a sociobiologia é sem dúvida a mais criticada dessas tentativas, porque, naturalizando as relações sociais, pode deixar entender que, dado que os últimos são também “naturais”, será ilusório

tentar transformá-los” (PUMAIN, 2005, p. 6).

O’Sullivan (2004) apresenta uma crítica contundente à aplicação de modelos computacionais nas pesquisas no domínio da Geografia Humana. Os argumentos que reuniu põem em dúvida a capacidade de representação do real a partir de modelos de computador. Os procedimentos técnicos de simulação não podem cumprir o papel da interpretação crítica. Diante da impossibilidade de avaliação e de validação de modelos computacionais a partir de bases puramente técnicas, admite o estabelecimento de convenções sociais destinadas à avaliação de modelos, sob a interferência das variações que ocorrem no contexto institucional, político e social. Contudo, destaca que a maioria dos trabalhos não são avaliados desta forma. “Frequentemente a apresentação de um modelo é sobremaneira técnica” (O’SULLIVAN, 2004, p. 291). Desse modo, seu principal argumento aponta que os procedimentos de pesquisa e as abordagens utilizadas na modelagem de sistemas complexos conduzem a resultados susceptíveis a uma ampla margem de erros. Tão difícil quanto definir os procedimentos de modelagem torna-se a realização da etapa de interpretação, pois demanda, da mesma forma que a modelagem, procedimentos e abordagens apropriados.

Apesar disso, o entendimento de que as simulações devem ser interpretadas, como os demais discursos, mostra-se também uma posição aceitável. Assim apresentadas, as simulações correspondem a leituras sobre o mundo.

4.2. A abordagem da complexidade em Edgar Morin

A perspectiva de complexidade auferida da obra de Ilya Prigogine, sob nosso entendimento, não deve ser confundida com a que se pode extrair dos trabalhos de Edgar Morin. O nome de Edgar Morin tem recebido grande destaque, especialmente no Brasil, entre aqueles que se propuseram a discutir a complexidade do ponto de vista teórico e de dotá-la de fundamentos. Provavelmente, poucos se ocuparam desse assunto como ele. Grande parte de sua obra é dedicada a apontar os problemas resultantes da fragmentação dos saberes, do aprofundamento do processo de especialização nos domínios disciplinares, e a advogar pela aproximação da filosofia com as ciências, como medida necessária para a superação da separação ocorrida entre ciência e consciência.

A argumentação de Morin apoia-se, fundamentalmente, na crítica aos
Cad. de Pesq. Interdisc. em Ci-s. Hum-s., Florianópolis, v.14, n.104, p.178-202, jan/jun 2013

padrões científicos modernos, pois, a seu ver, “o conhecimento científico é um conhecimento que não se conhece mais a si próprio” (MORIN, 2000a, p. 34). O estágio atual do desenvolvimento científico, na concepção de Morin (2000a), pode ser caracterizado como “ciência sem consciência”, decorrente do distanciamento entre sujeito e objeto:

Encontramo-nos num ponto em que o conhecimento científico está sem consciência. Sem consciência moral, sem consciência reflexiva e também subjetiva. Cada vez mais o desenvolvimento extraordinário do conhecimento científico vai tornar menos praticável a própria possibilidade de reflexão do sujeito sobre a sua pesquisa (MORIN, 2000a, p. 28).

De outro lado, o excesso de especialização dificulta a compreensão de problemas reais, devido à falta de uma compreensão do contexto, uma vez que “vivemos numa realidade multidimensional, simultaneamente econômica, psicológica, mitológica, sociológica, mas estudamos estas dimensões separadamente, e não umas em relação com as outras” (MORIN, 2006, p. 2). Em diversos trechos de seus escritos, Morin reitera que a “[...] divisão do conhecimento em disciplinas, que permite o desenvolvimento dos conhecimentos, é uma organização que torna impossível o conhecimento do conhecimento”, porque o conhecimento encontra-se “[...] fragmentado em campos de conhecimento não comunicantes” (MORIN, 2002a, p. 20).

Morin sugere que, em grande medida, essas dificuldades relacionam-se à predominância da “[...] inteligência parcelar, compartimentada, mecânica, disjuntiva, reducionista [...]”, que “[...] quebra o complexo do mundo, produz fragmentos, fraciona os problemas, separa o que é ligado, unidimensionaliza o multidimensional” (MORIN, 2006, p. 14).

Edgar Morin, conhecido como um grande divulgador de ideias, tem influenciado estudiosos em diversos domínios, a começar pela educação. Os elementos de seu discurso, embora possam ser identificados em obras de diversos filósofos e cientistas, sob nossa compreensão, apoiam-se na abordagem da teoria geral dos sistemas, de Ludwig Bertalanffy, parcialmente na crítica de Popper, Lakatos e Feyerabend, mas não adota destes a perspectiva analítica, e, em grande medida, de Thomas S. Kuhn, que lhe emprestou as noções de paradigma e revolução científica. Evidentemente, inúmeras outras influências podem ser identificadas na composição de seus textos. Em muitas passagens de seus livros,

por exemplo, refere-se à noção de auto-organização, emergência e incerteza, em clara alusão aos trabalhos conduzidos por Ilya Prigogine e outros físicos. “A complexidade reconhece a parcela inevitável de desordem e de eventualidade em todas as coisas, ela reconhece a parcela inevitável de incerteza no conhecimento” (MORIN, 2002b, p. 564). Estas alusões, contudo, prestam-se mais como exemplo de adaptações, pois Morin, frequentemente, interpreta e reconstitui a terminologia que incorpora em seu discurso.

Segundo a interpretação de Morin (2000a, p. 40-41), vivemos uma época em que “[...] temos um velho paradigma, um velho princípio que nos obriga a disjuntar, a simplificar, a reduzir, a formalizar sem poder comunicar aquilo que está disjunto e sem poder conceber os conjuntos ou a complexidade do real”.

Em acordo com a proposição de Kuhn (1996), segundo a qual as crises precedem as revoluções científicas, Morin identifica, na atualidade, um estado de crise, traduzida pela inadequação do velho paradigma, mas que ainda está em vigor, que oportunizará, a seu ver, uma transformação de caráter amplo. “Mas estamos chegando certamente à era em que o grande paradigma sofre erosão e desgaste, e em que os processos que ele determinou no universo científico-técnico-burocrático, provocam demasiadas manipulações, securas, ameaças” (MORIN, 1992, p. 197).

De fato, muitos dos textos de Morin repetem o clamor por certo paradigma da complexidade, cuja ação, a seu ver, será responsável por uma nova compreensão do mundo. “É preciso um paradigma de complexidade, que, ao mesmo tempo, separe e associe, que conceba os níveis de emergência da realidade sem os reduzir às unidades elementares e às leis gerais” (MORIN, 2002c, p. 138). O surgimento do novo paradigma identifica-se, de acordo com Morin, à reforma do pensamento e à necessária predominância do pensamento complexo (em oposição ao pensamento simplificador e reducionista em vigor), que permite acercar-se da incerteza e conceber a organização, de sorte que suas proposições direcionam-se para uma transformação em diversos campos, a começar da educação.

Parece claro que a elucidação do sentido atribuído por Edgar Morin à noção de paradigma é uma etapa fundamental na tarefa de compreender a abordagem da complexidade por ele desenvolvida. Um ponto importante, e que merece aprofundamento, diz respeito à imbricação teórica entre as noções de paradigma e complexidade. O que temos em vista é que a formulação original sobre a noção de paradigma apresentada com sentido variável em *The structure of scientific*

revolutions, por Kuhn (1996), não corresponde ao sentido adotado, para o mesmo termo, por Edgar Morin em sua série sobre o método, como também em outras de suas obras. Menos correspondência ainda existe entre o que Edgar Morin entende por paradigma e a versão revista e atualizada por Kuhn (2006) – apresentada em *O caminho desde A estrutura*, depois de receber muitas críticas. Se Kuhn equivoca-se quando redige *The structure of scientific revolutions*, tratando da noção de paradigma, Morin multiplica tais equívocos, ao edificar sobre ele sua abordagem acerca da complexidade.

Não temos em Morin, com respeito à palavra paradigma, uma simples noção ou uma categoria de análise, mas algo cuja posição permite controlar, reger, comandar, produzir, determinar, ainda que todas estas atribuições tenham sido forjadas pelo vigor da expressão. Morin fez recair sobre um único pilar – a noção de paradigma - todo o peso de sua argumentação, e utilizou-o como panaceia para catalisar a cicatrização de todas as imperfeições de sua teoria. Verificamos que a decisão de fundamentar a abordagem da complexidade sobre uma noção chave - paradigma –, além de não exitosa, contribuiu para aumentar sobremaneira a celeuma tanto a respeito da noção de complexidade, como da noção de paradigma.

Morin reconhece a existência de certa dose de imprecisão no termo complexidade, quando escreve que esta “é uma noção a ser explorada, a ser definida. A complexidade nos aparece, à primeira vista e de modo efetivo, como irracionalidade, incerteza, confusão, desordem” (MORIN, 2000b, p. 47). Mesmo demonstrando ter consciência da predominância desta acepção, não empenha esforços para dirimir a ideia de que a complexidade diz respeito à desordem, à complicação, à contradição, à dificuldade lógica, etc., e de dotá-la de significado específico. Parece evidente que Morin pretende adicionar ainda outros sentidos à noção de complexidade, de ampliá-la, ao invés de delimitá-la. Para ele, a contradição, a desordem, a complicação, a dificuldade lógica, os problemas de organização, etc., “[...] formam o tecido da complexidade: *complexus* é o que está junto; é o tecido formado por diferentes fios que se transformaram numa só coisa. Isto é, tudo isso se entrecruza, tudo se entrelaça para formar a unidade da complexidade” (MORIN, 2002c, p. 188). No mesmo texto, de forma similar, oferece indicações de que sua noção de complexidade não elide a contradição, quando a concebe como “[...] junção de conceitos que lutam entre si” (MORIN, 2002c, p. 192).

Na obra de Morin, a noção de complexidade aparece mais densamente

traduzindo o sentido de universo do conhecimento multidimensional, de maneira a abranger os fenômenos físicos, biológicos, sociais, culturais, econômicos, políticos, etc., cuja ambição é “[...] prestar contas das articulações despedaçadas pelos cortes entre disciplinas, entre categorias cognitivas e entre tipos de conhecimento” (MORIN, 2002c, p. 176). A complexidade é algo que Morin ainda está à procura. “A complexidade é desafio e não solução” (MORIN, 2000b, p. 134).

Consideramos que não apenas o ideário de Morin, como também as demais abordagens da complexidade, longe de significar um alinhamento às concepções neoliberais e neoconservadoras, representam possibilidades de reflexão sobre diversas temáticas caracterizadas pela diversidade de agentes e elementos em interação, especificamente no que concerne à problemática ambiental, aos problemas urbanos, como também ao desenvolvimento da agricultura, dentre outros temas.

Contudo, verificamos que a compreensão dos significados dos termos utilizados por Morin constitui notável empecilho ao entendimento de sua obra, como também de sua noção de complexidade, pois frequentemente faz uso de conceitos e noções adaptados ou tomados de empréstimo de outros autores, sem, contudo, atribuir-lhes uma significação precisa. Isso pode ser dito a respeito das noções de paradigma, de paradigmologia, de epistemologia e da própria noção de complexidade. Em razão disso, ousamos afirmar que o trabalho de Morin não se caracteriza pelo esforço de sistematização. Suspeitamos que o desinteresse de Morin pela precisão dos termos que utiliza decorre de uma postura deliberada, resultante da rejeição ao princípio cartesiano de que a clareza e a distinção das ideias são indicativas da verdade. Sobre este ponto, Morin é explícito quando confronta a afirmação de “[...] não poder haver uma verdade impossível de ser expressa de modo claro e nítido. Hoje em dia, vemos que as verdades aparecem nas ambiguidades e numa aparente confusão” (MORIN, 2002c, p. 183). O uso de noções confusas e a tolerância para com a ambiguidade sugerem que Morin, para além de uma postura displicente, adota um padrão lógico que se contrapõe aos padrões racionalistas.

Apesar das críticas que podem ser dirigidas aos textos de Morin, seu trabalho dispõe o tema da interdisciplinaridade no centro da discussão, como alternativa ao isolamento dos objetos e à fragmentação dos saberes. Se a questão da integração disciplinar é tão antiga quanto o próprio pensamento ocidental, como explicou

Teixeira (2004), durante as últimas décadas, o debate a este respeito foi, especialmente, implementado a partir das abordagens da complexidade. Contudo, sob o enfoque de Morin, as intervenções têm se restringido, praticamente, ao dimensionamento da questão.

5. Considerações finais

A tarefa de reunir ideias, procedimentos de pesquisa e teorias dispersas em um único conjunto coerente, de maneira a constituir uma teoria da complexidade parece não ter sido concretizada até o presente. A própria natureza das teorias que apontam para a complexidade dificulta tal empresa, pois, raramente podem ser comparadas, e versam, com frequência, sobre temas diferentes. A isso se deve nossa dificuldade de identificar um programa amplo de pesquisas destinado a estudar os problemas que dizem respeito à complexidade.

Diante das debilidades apresentadas pela noção de complexidade, dado que a questão conceitual resta ainda mal resolvida do ponto de vista teórico, cabe indagar a respeito de sua condição de teoria, uma vez que muitos fazem referência a uma suposta “teoria da complexidade”.

Do modo como a entendemos, a referência a uma “teoria da complexidade” não se faz sem equívoco. Aparentemente, o que pode ser reunido sobre este tema é ainda pouco para atribuir-lhe a condição de teoria, se consideramos teoria algo estruturado a partir de conceitos explicativos, capaz de fundamentar um programa de pesquisa. Verificamos que, se de um lado, o termo complexidade é empregado para expressar determinadas opiniões metacientíficas acerca da pesquisa e dos saberes sobre fenômenos naturais e da sociedade, de outro, a noção de complexidade, especialmente a complexidade dita determinística, apoia-se em diversas teorias (teoria do caos, teoria fractal, redes neurais, etc.). Contudo, não há uma teoria geral, unificadora, capaz de impingir consistência teórica à complexidade. Na tarefa que nos impusemos a compreender os fundamentos teóricos das abordagens da complexidade, não notamos distinção entre o que está para ela proposto em relação aos demais saberes, no que diz respeito à temática que, frequentemente, identifica-se como questão de método. Diante da ausência de elementos capazes de caracterizá-la como corpo teórico, como metodologia ou conjunto peculiar de procedimentos de pesquisa, observamos que a complexidade

identifica diversas abordagens, mas não propriamente uma teoria.

Entre alguns ensaístas que escrevem sobre temas relacionados à complexidade, é frequente a referência à noção de “ciência da complexidade”. Se entendermos que, diante da ausência de critérios legítimos de cientificidade, sequer as disciplinas detentoras de procedimentos de pesquisa supostamente requintados estão imunes à crítica quando reputadas como científicas, como justificar a denominação de ciência aos estudos realizados sobre a complexidade, se seus procedimentos de pesquisa são ainda mais amplamente questionáveis?

Tendo em vista que uma parcela significativa dos trabalhos que versam sobre complexidade está circunscrita ao terreno do discurso metacientífico e literário, e que a outra parcela dos trabalhos com foco nessa temática, especialmente os que fazem uso da modelagem computacional, fundamenta-se em diversas teorias originárias da física, da química e da matemática, é necessário precisar que a avaliação de resultados está na dependência de interpretações para as quais ainda não existem critérios estabelecidos.

Este esclarecimento se mostra pertinente, uma vez que as dúvidas surgidas com respeito à consistência teórica e à relevância dos procedimentos de modelagem frequentemente realizados, como também sobre a transposição de teorias de base matemática e/ou concebidas no campo da física e da química, ajudam a compor o quadro de censuras apontadas pelos críticos das abordagens da complexidade.

REFERÊNCIAS

- BERTALANFFY, L. V. **General System Theory: foundations, development, applications**. Revised Edition. Nova Iorque: George Braziller, 1980.
- BRETAGNOLLE, A.; DAUDÉ, E.; PUMAIN, D. **From theory to modelling: urban systems as complex systems**. Disponível em: <www.cybergeopresse.fr>. Acesso em: 17 ago. 2006.
- CARVALHO, M. B. **Da Antropogeografia do final do século XIX aos desafios transdisciplinares do final do século XX: o debate sobre as abordagens integradas da natureza e da cultura nas Ciências Sociais**. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1998.
- GOMES, P. C. C. **Geografia e modernidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- HIRSCHBERGER, J. **História da filosofia moderna**. Tradução de Alexandre Correia. 2. ed. São Paulo: Herder, 1967.
- KUHN, T. S. **The structure of scientific revolutions**. 3. ed. Chicago (USA): University of Chicago Press, 1996.
- KUHN, T. S. **O caminho desde A Estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica**. Tradução de César Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2006.
- MAINZER, K. **Thinking in complexity: the complex dynamics of matter, mind, and mankind**. Berlim: Springer, 1997.
- MALANSON, G. P. Considering complexity. **Annals of the Association of American Geographers**. v. 89, n. 4, p. 746-753, dec. 1999. Disponível em: <www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/0004-5608.00174>. Acesso em: 25 abril 2005.
- MORIN, E. **O método IV. As ideias: a sua natureza, vida, habitat e organização**. Portugal: Publicações Europa-América, 1992.
- MORIN, E. Ciência e consciência da complexidade. In: MORIN, E.; LE MOIGNE, J-L. **A inteligência da complexidade**. Tradução de Nurimar Maria Falci. Coleção Nova Cad. de Pesq. Interdisc. em Ci-s. Hum-s., Florianópolis, v.14, n.104, p.178-202, jan/jun 2013

Consciência. São Paulo: Ed. Peirópolis, 2000a.

MORIN, E. A epistemologia da complexidade. In: MORIN, E. ; LE MOIGNE, J-L. **A inteligência da complexidade**. Tradução de Nurimar Maria Falci. Coleção Nova Consciência. São Paulo: Ed. Peirópolis, 2000b.

MORIN, E. Problemas de uma epistemologia complexa. In: MORIN, E. **O problema epistemológico da complexidade**. 3. ed. Mem Martins (Portugal): Publicações Europa-América, 2002a.

MORIN, E. Os desafios da complexidade. In: MORIN, E. (Org). **A religação dos saberes: o desafio do século XXI**. Tradução de Flávia Nascimento. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002b.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Tradução de Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002c.

MORIN, E. **Da necessidade de um pensamento complexo**. Tradução de Juremir Machado da Silva. Disponível em: <http://geccom.incubadora.fapesp.br/portal/tarefas/projetos-em-multimeios-ii-puc-sp/textos-uteis/pensamentocomplexo.pdf>. Acesso em: 18 out. 2006.

NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. **Exploring complexity: an introduction**. Nova Iorque: W. H. Freeman and Company, 1998.

O'SULLIVAN, D. Complexity science and human geography. **Transaction of the Institute of British Geographers**. v. 29, n. 3, p. 282-295, set. 2004. Disponível em: www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j0020-2754.2004.00321.x. Acesso em: 14 dez. 2004

PASCAL, B. **Œuvres complètes**. Paris: Gallimard, 1954.

PRIGOGINE, I; STENGERS, I. **La nouvelle alliance: métamorphose de la science**. Paris: Gallimard, 1979.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

PRIGOGINE, I. O Fim da Certeza. Tradução de Arnaldo Marques da Cunha. In:

Cad. de Pesq. Interdisc. em Ci-s. Hum-s., Florianópolis, v.14, n.104, p.178-202, jan/jun 2013

CÂNDIDO MENDES (Org.) **Representação e complexidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003. Disponível em: <www.unesc.doc.unesco.org>. Acesso em: 23 fev. 2008.

PUMAIN, D. **Une approche de la complexité en géographie**. Disponível em: <<http://halshs.ccsd.cnrs.fr/docs/00/00/04/56/PDF/reference4.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2006.

STEINER, R. **Linhas básicas para uma teoria do conhecimento na cosmovisão de Goethe**. Tradução de Bruno Callegaro. São Paulo: Antroposófica, 1986.

SUTEANU, C. Complexity, science and the public: the geography of a new interpretation. **Theory, Culture & Society**, Nottingham, v. 22, n. 05, p. 113-140, oct. 2005.

TEIXEIRA, O. A. Interdisciplinaridade: problemas e desafios. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, n. 01, jul. 2004. Disponível em: <www2.capes.gov.br/rbpg/portal/contendo/57_69interdisciplinaridade_problemas_desafios.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2004.

WALDROP, M. M. **Complexity: the emergency science at the edge of order and chaos**. Nova Iorque: Simon & Schuster Paperbacks, 1992.

Artigo:

Recebido em: 21/11/2011

Aceito em: 15/07/2013