

# A Saúde e o Paradigma da Complexidade\*

**Naomar de Almeida Filho**

---

\* Este texto foi apresentado no Ciclo de Estudos sobre “O Método” de Edgar Morin, promovido pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Instituto Humanitas Unisinos, em 7 de outubro de 2004.

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS

*Reitor*

Marcelo Fernandes de Aquino, SJ

*Vice-Reitor*

Aloysio Bohnen, SJ

**Instituto Humanitas Unisinos**

*Diretor*

Inácio Neutzling

*Diretora adjunta*

Hiliana Reis

*Gerente administrativo*

Jacinto Schneider

**Cadernos IHU**

Ano 4 - Nº 15 - 2006

ISSN: 1806-003X

*Editor*

Prof. Dr. Inácio Neutzling – Unisinos

*Conselho editorial*

Profa. Esp. Águeda Bichels – Unisinos

Profa. Dra. Cleusa Maria Andreatta – Unisinos

Prof. MS Dárnis Corbellini – Unisinos

Prof. MS Gilberto Antônio Faggion – Unisinos

Prof. MS Laurício Neumann – Unisinos

MS Rosa Maria Serra Bavaresco – Unisinos

Esp. Susana Rocca – Unisinos

Profa. MSc Vera Regina Schmitz – Unisinos

*Conselho científico*

Prof. Dr. Agemir Bavaresco – UCPel – Doutor em Filosofia

Profa. Dra. Aitziber Mugarra – Universidade de Deusto-Espanha – Doutora em Ciências Econômicas e Empresariais

Prof. Dr. André Filipe Z. de Azevedo – Unisinos – Doutor em Economia

Prof. Dr. Castor M. M. B. Ruiz – Unisinos – Doutor em Filosofia

Dr. Daniel Navas Vega - Centro Internacional de Formação-OIT-Itália – Doutor em Ciências Políticas

Prof. Dr. Edison Gastaldo – Unisinos – Pós-Doutor em Multimeios

Profa. Dra. Élida Hennington - Unisinos- Doutora em Saúde Coletiva

Prof. Dr. Jaime José Zitkosky – Unisinos – Doutor em Educação

Prof. Dr. José Ivo Follmann – Unisinos – Doutor em Sociologia

Prof. Dr. José Luiz Braga – Unisinos – Doutor em Ciências da Informação e da Comunicação

Prof. Dr. Juremir Machado da Silva – PUCRS – Doutor em Sociologia

Prof. Dr. Werner Altmann – Unisinos – Doutor em História Econômica

*Responsável técnico*

Dárnis Corbellini

*Revisão*

Mardilé Friedrich Fabre

*Secretaria*

Camila Padilha da Silva

*Editoração eletrônica*

Rafael Tarcísio Forneck

*Impressão*

Impressos Portão

Universidade do Vale do Rio dos Sinos

*Instituto Humanitas Unisinos*

Av. Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo RS Brasil

Tel.: 51.3590-8223 – Fax: 51.3590-8467

[www.unisinos.br/ihu](http://www.unisinos.br/ihu)

# **Sumário**

<i>Introdução.....</i>	4
<i>1 Modalidade de determinação.....</i>	7
<i>2 Modelos pré-complexos.....</i>	11
<i>3 Não-linearidade e emergência.....</i>	15
<i>4 Borrosidade .....</i>	20
<i>5 Fractalidade .....</i>	24
<i>6 Complexidade e redes .....</i>	28
<i>7 Morin, complexidade e saúde-doença.....</i>	35
<i>Referências bibliográficas.....</i>	43

# Introdução

Este texto está estruturado da seguinte forma: primeiro, proponho discutir resumidamente o paradigma da complexidade, onde se insere a obra de Morin; em seguida, abordo alguns temas estruturantes desse paradigma, convergindo para uma introdução à teoria das redes; finalmente, proponho uma rápida avaliação do potencial de uso e das aplicações, ainda incipientes, deste marco teórico nas ciências da saúde na contemporaneidade.

Edgar Morin tem sido muito importante para o avanço teórico e epistemológico na ciência contemporânea, porém a versão norte-americana da teoria da complexidade, principal matriz desse paradigma, especialmente na ciência anglo-saxônica e nas ciências ditas “duras”, quase desconhece sua contribuição. Mesmo sabendo que a obra de Morin representa uma grande inspiração para a filosofia européia continental e latino-americana, e que todos aqui, de algum modo, estão familiarizados com seus escritos, pode ser interessante rapidamente revisar o que em geral se entende como paradigma da complexidade.

O tema que considero como eixo central no paradigma da complexidade é a não-linearidade, algumas vezes traduzida pelo conceito de “caos”. Vejo como uma questão problemática este uso do termo caos, que centraliza até mesmo a própria designação do paradigma, às vezes, chamado de “teoria do caos”. Esta expressão ficou famosa em *best sellers* de divulgação científica sobre o assunto. *Teoria do caos* é título de um livro de James Gleick, sendo ainda mais popularizada na série de cinema *Jurassik Park*, em que um dos personagens do primeiro filme era um matemático que tentava seduzir a heroína, usando um dos temas da não-linearidade. Para demonstrar o princípio chamado “sensitividade a condições iniciais”, o galante cientista toma a mão da moça e nela pinga uma gota d’água, dizendo algo assim: “Se deixo

cair a água aqui, ela tem uma trajetória; se eu ponho a gota um pouquinho ao lado, a trajetória pode ser totalmente diferente e, no final do percurso, o que era uma pequena diferença se torna uma grande distância no espaço”.

Para além desses elementos de popularização, abordo a temática do paradigma da complexidade também como atualização e redinamização da teoria dos sistemas. A teoria geral dos sistemas foi moda no mundo, nos anos 1950 e 60 – estou vendo aqui representantes de gerações acima da minha. Parecia uma grande vanguarda e, de repente, desapareceu como questão importante da discussão científica e filosófica. Aparentemente só a sociologia dos sistemas permanece, e quase como curiosidade. Enfim, o paradigma da complexidade recupera a idéia de sistemas e, numa reformulação radical, que, em seguida, trato um pouco mais em detalhe, resgata o conceito de emergência.

Há, sem dúvida, certo apelo de novidade na idéia de complexidade, dada a grande possibilidade de lidar com temas que o velho paradigma não explicava ou sobre os quais não conseguia produzir alguma compreensão porque esses problemas científicos aparentemente não se ajustavam à regra básica da ciência clássica: para cada efeito, há uma causa clara, precisa e específica. Surge daí o conceito de emergência para trabalhar com processos da natureza, da sociedade e da cultura, para os quais a ciência não consegue identificar determinantes, causas ou limites. É importante frisar a centralidade desse conceito, muito caro a Morin. Não que o paradigma da complexidade seja apenas uma forma mais eficiente de explicação de fenômenos conhecidos, mas porque hoje se trata também de uma abertura da ciência a fenômenos que, antes, eram excluídos pelos antigos paradigmas.

Trato sobre isso um pouco também na discussão sobre “borrosidade”, ou seja, sobre situações em que os limites entre entes, eventos e contextos são vagos ou “borrados”, não manifestando a precisão e univocidade da lógica clássica. A face mais visível do paradigma da complexidade talvez seja a teoria dos fractais. Articulada ao capítulo da fractalidade, aparece, com destaque, o das redes. Esse tema é especialmente interessante, conforme pretendo demonstrar adiante.

Não-linearidade & caos  
Sistemas dinâmicos  
Emergência  
Borrosidade  
Fractalidade  
REDES

O que proponho enfim discutir com vocês nesta palestra são conceitos e aplicações da perspectiva da complexidade no campo da saúde. Pretendo, no final, fazer uma curta revisão de onde a gente está, porque continuo trabalhando nessas questões. Na verdade, compartilho alguns desenvolvimentos teóricos que tenho proposto em diferentes textos, com base na constatação de que há uma crise no paradigma vigente e dominante na área da saúde, no sentido da aplicação do paradigma da complexidade para criação de modelos de saúde/doença.

Por todos os aspectos listados, penso que é realmente pertinente falar em modelos complexos de promoção da saúde e, onde posso, tenho colaborado para registrar esta formulação como um avanço no campo da saúde. Entretanto a própria idéia de promoção da saúde tem uma vertente ainda hegemônica no campo da saúde que a define como prevenção de doenças: quer dizer, ao reduzir a ocorrência de patologia ou morbidade na população, muitos pensam, equivocadamente, que se está promovendo saúde. Trata-se de uma visão reducionista do movimento de promoção da saúde justificada pelo paradigma da causalida-

de, ainda dominante no pensamento em saúde, com base na seguinte seqüência argumentativa: O paradigma da causalidade define *promoção* da saúde como prevenção de doenças; sua noção de *prevenção* baseia-se no conceito epidemiológico de *risco*; risco implica *probabilidade* de ocorrência de eventos de saúde; probabilidade de ocorrência é função de modelos de *predição*; valor preditivo equivale a *causalidade*.

Para mim, não se pode considerar promoção da saúde como essencialmente prevenção de doenças porque a noção de prevenção é baseada no conceito epidemiológico de risco e, todos sabem, risco implica a idéia de que a ocorrência de casos de certa patologia na população está determinada pelos chamados “fatores de risco”. Ao erradicar ou controlar tais fatores, se estará reduzindo os riscos e, portanto, previne-se o aparecimento de novos casos de doença. Este conceito de risco é lido como probabilidade em função de um modelo de tradução do conhecimento causal.

Anteriormente, essa tradução era feita aplicando-se diretamente os chamados cânones de Mill, como uma formulação específica, objetiva e praticamente exclusiva da causalidade, mas agora esta mesma operação se realiza ao considerar uma equivalência entre o conceito de predição e a idéia de causalidade mediante uma noção de risco de base individual. John Stuart Mill escreveu em 1856 um texto clássico da filosofia ocidental chamado *Um Sistema de Lógica* que praticamente era uma síntese do modo de raciocínio que justificava o modo de produção industrial. Há uma boa tradução deste texto em português do qual recomendo a leitura (MILL, 1999).

A ciência & tecnologia que emergiu no século XIX como vetor do pensamento industrial e como princípio de organização do novo modo de produção, também representava uma aplicação direta da causalidade formal. A curiosidade, ou talvez coincidência, é que o proponente da tradução dos cânones de Mill para o raciocínio causal foi um importante pioneiro da epidemiologia, Sir Austin

Bradford Hill. Daí que, ao abordar esse tema, pude fazer um trocadilho: de Mill para Hill.<sup>1</sup>

A aplicação da regra da diferença na análise de estudos epidemiológicos permite que o fator de risco seja traduzido como produtor de patologia; é claro que aí se deve atenuar a noção clássica de causalidade absoluta, mas isso se faz para alguma forma de resgatar o velho paradigma que se supunha enfraquecido, debilitado. O paradigma em crise é recuperado com a noção de causalidade probabilística. Para isso, até mesmo uma nova forma de prática médica é proposta. Esta nova forma de prática médica, que, no passado, tinha o

nome de epidemiologia clínica, chama-se agora “medicina-baseada-em-evidência”.

O projeto de Hill, ao propor seus critérios de causalidade, que estão hoje em qualquer livro padrão de epidemiologia, era criar uma espécie de “gramática da causalidade” na investigação probabilística populacional<sup>2</sup>. Com isso, ocorrem dois problemas filosóficos de base, ambos componentes do chamado reducionismo: um é a redução do populacional-coletivo-agregado ao individual; o segundo é a redução das formas gerais de explicação a modelos de causalidade. Por não ser nosso foco neste colóquio, não trataremos do primeiro problema aqui, como já o fiz em outra oportunidade<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Este tema merece detalhamento (cf. Almeida Filho, 1992). O causalismo conheceu ascensão e queda na epidemiologia, assim como em muitos campos científicos. Dos princípios de John Stuart Mill para os critérios de causalidade de Sir Bradford Hill (daí o trocadilho, *from Mill to Hill*), a epidemiologia vem desenvolvendo uma estratégia própria de tradução dos modelos matemáticos de relações específicas para uma linguagem codificada, formalizada, matemática, para uma linguagem natural. Na história do campo epidemiológico, porém, logo aparecem modelos de risco que desafiam a capacidade da epidemiologia de produzir um conhecimento causal. Para Juan Samaja (1996), ainda que com freqüência se considere a relação causal como a única “determinação” com força explicativa, o certo é que: 1) ela não é a forma exclusiva (se quer uma modalidade privilegiada) da determinação explicativa; e 2) não há uma única interpretação possível de seu conteúdo. A causalidade consiste em uma das muitas categorias que o cientista pode empregar para determinar seu objeto de conhecimento, ou seja, estabelecer as proposições que descrevem suas características e expõem os nexos que regulam suas transformações.

<sup>2</sup> A expressão “gramática da causalidade” foi cunhada por Mervyn Susser (1991).

<sup>3</sup> Em *A Ciéncia da Saúde* (Almeida Filho, 2000), defendo que a abordagem epidemiológica, construída como saber referido aos agregados de indivíduos, ignora a dimensão singular de cada ser na constituição de seu objeto. Esta perda resulta da anulação, por meio do processo de abstração teórica, da alteridade com a qual se constrói a identidade dos sujeitos: usando-se os dispositivos metodológicos da disciplina, procura-se, ao máximo, a padronização dos indivíduos em busca do ideal da comparabilidade. De outro modo, a inferência – propósito central da epidemiologia – tornar-se-ia inoperável. Entretanto, inevitavelmente, algo se perde neste movimento: a dimensão particular e intransferível dos modos de vida de cada um. Reduzido ao estatuto de depositário de determinadas características relativas a “sexo”, “idade”, “etnia”, “imunidade”, “traços genéticos”, o sujeito ironicamente não é identificado como um “ser”, e sim como um portador, isto é, alguém que carrega o que não é seu, de atributos pessoais.

Acontece, assim, um primeiro movimento no sentido de apagamento da dimensão singular humana, que se traduz em códigos gráficos ou matemáticos e se completa com o deslocamento do plano subjetivo-pessoal-individual para o dos coletivos-agregados-populações, tal como definidos pela ótica epidemiológica. Por meio de sucessivas operações de homogeneização (diante da doença e da exposição) que resultam na redução do sujeito à pessoa, produz-se certa “indiferenciação epistemológica” entre parte e todo e entre individual e coletivo que se supõe capaz de justificar a pretensão inferencial do causalismo. Em outras palavras, ou o coletivo é tomado como uma condição que “paira” acima e além dos indivíduos ou se reduz ao somatório de condições individuais. Por esses motivos, a epidemiologia não se mostra equipada para lidar com questões da ordem das fragilidades singulares, porque estas operam no indivíduo, nem com questões da ordem das determinações ampliadas, porque estas operam no contexto.

# 1 Modalidades de determinação

Para lidar com o segundo problema, precisamos recorrer a Mário Bunge, filósofo, físico e matemático argentino, radicado no Canadá. Em um importante texto, intitulado *El Principio de la Causalidad en la Ciencia Moderna*, Bunge (1969) propôs distinguir causalidade (que é uma propriedade ontológica dos seres) de causalismo, definido como a doutrina que admite essa propriedade. Isso implica, por exemplo, acreditar que todos os seres existentes se relacionam por meio de algum nexo que os produz, ou seja, significa a eles atribuir propriedades genéticas. Não se trata de uma questão menor. Eu posso dizer que, para se conhecer uma garrafa de água vamos ter que descobrir de onde ela veio, o que a produziu, onde e como foi feita. Então, assim como tem uma forma, como tem uma função, uma aparência, uma textura, vários atributos enfim, ela terá uma propriedade genética que é sua causalidade. E o causalismo é a doutrina que justifica imaginar que tudo no mundo carrega esse atributo e que é trabalho da ciência identificar tal propriedade em todos os seres e fenômenos estudados.

A distinção proposta por Bunge se desdobra na constatação de que a doutrina que pressupõe uma propriedade ontológica permite várias formas possíveis de pensar a gênese dos fatos, processos, fenômenos, na natureza, na sociedade, na cultura, na história. Bunge avança ao propor que designemos o genérico genético como determinação, sendo a determinação causal uma das suas modalidades, mas não a única. Assim, devemos entender o mundo não somente como produto de causas operantes e efeitos resultantes, mas podemos contar com formas alternativas para avaliar a ocorrência dos fatos.

Bunge propõe várias modalidades de determinação: a modalidade causal, que é a noção de causalidade padrão; a modalidade probabilística, que

equivale ao conceito de risco; a modalidade estrutural, que opera pela produção de modelos topológicos e que se refere a lugares ou tópicos; a modalidade interativa, que representa esses nexos não como dirigidos, não como vetoriais, e sim, como interdependentes; e também a modalidade que ele chamou de dialética, que é a determinação do ser por si mesmo, quer dizer, a determinação do que está na garrafa de água como matéria é a própria matéria que aí já estava, que a todo momento se transforma. Cada uma dessas modalidades de determinação propicia distintos modelos de compreensão do mundo a elas equivalentes.

Posso, por exemplo, entender a presença de todos vocês hoje aqui, aplicando um modelo causal. Cada um vai ter uma razão, uma causa, um motivo que os fez vir, mas essa causa também pode ser apresentada descritivamente. Se eu perguntar a um de vocês: me explique como ou por que você está aqui, posso ter como resposta – peguei um ônibus, vim de carro, ou cheguei andando. Ou ainda: vim porque me interessei pelo tema, gosto da universidade etc.

Também podemos dar uma explicação para a presença de cada um, com base em posições sociais, pela diferença de idades, de gênero, de profissão ou de intenção, pois devemos contar nesse público com professores e alunos. Em suma, a explicação para uma simples presença por essa via pode ser uma explicação estrutural com base na inserção pessoal e institucional de cada um e, nesse caso, ela não é mecânica, não é causal, não faz parte de um processo. Mesmo assim, temos todo o direito intelectual e heurístico de entendê-la dessa maneira. A modalidade interativa, confesso, nunca soube direito como aplicar, mas a modalidade dialética da determinação, no sentido que propõe Bunge, não é a mesma dialética hegeliana ou pós-hegeliana de

Marx-Engels. Bunge entende como determinação dialética a autotransformação. Por exemplo, a ilustre presença de todos e todas aqui pode se explicar como transformação de cada um, o que corresponde, e nisso sou otimista, a pelo menos um processo interno de mudança de cada um como ser histórico.

São explicações que ilustram e justificam essa presença, mas alguém pode estar aqui realmente por acaso; estava passando e viu uma porta aberta e uma sala simpática. Alguém pode ter chegado neste prédio há quinze minutos, tinha três opções de coisas interessantes para fazer numa tarde de quinta-feira com sol e tomou uma decisão, como muitas decisões que tomamos em nossa vida cotidiana, que não tem um efeito causal, mas contingente de escolha entre opções. Claro que dispomos de diferentes maneiras de avaliar as opções que esse sujeito teve, verificando a presença de cada um em outras oportunidades neste mesmo ciclo de debates para avaliar as possibilidades de explicação para cada presença não-baseadas em forças, digamos, mecânicas, e sim em probabilidades.

Com base nesses temas, comecei a pensar sobre a possibilidade e oportunidade de aplicar essa inspiração de tipologia para avaliar, de uma maneira certamente não-excludente de outras, algumas modalidades de determinação, no que provisoriamente proponho chamar de “formas elementares de determinação”. Quando observamos um sistema real qualquer, e certamente será um sistema complexo, contamos com distintas maneiras de designar e por essa via analisar os diferentes processos de mudança dos seus elementos, componentes, dimensões e, por ampliação, de todo o sistema. Designemos como transformação a toda e qualquer mudança de todo o sistema. Sugiro cinco formas elementares de determinação da transformação em um dado sistema: transposição, anamorfose, composição, variação e emergência (quadro 1).

TRANSPOSIÇÃO	Agente	movimento	
ANAMORFOSE	Condição	mudança	mesmo objeto
COMPOSIÇÃO	Composto	síntese	
VARIAÇÃO	Fator	função	novo objeto
EMERGÊNCIA	‘A-Mais’	criação	

Quadro 1: Formas elementares de “determinação”

O que é transposição? Simplesmente significa mudança de lugar, localização ou posição de qualquer elemento do sistema, resultante de movimento provocado por um vetor ou agente externo. O termo agente significa justamente isto: o que provoca movimento. Exemplifico esse tópico com a ajuda de uma série de modelos.

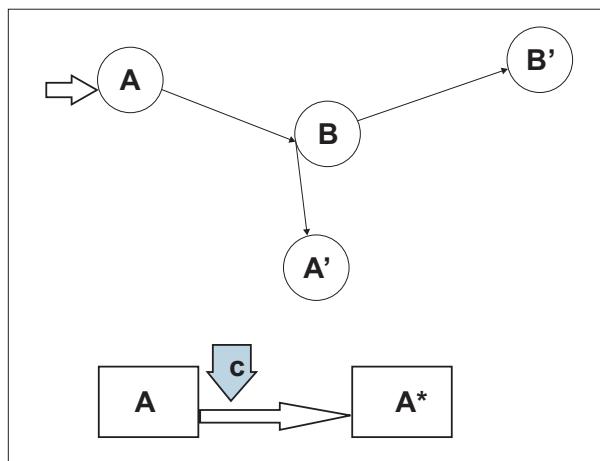


Figura 1: Transposição

Na figura 1, temos uma transposição: o elemento A encontra-se numa posição *a* qualquer, desloca-se e funciona como agente de transposição ou movimento do agente B. A não deixa de ser A na sua nova posição, portanto mantemos o mesmo objeto em nova posição, agora denominado A\*.

Podemos ver também, na figura 1, uma *anamorfose*, implicando uma mudança de forma ou de estado. Por exemplo, a água, sob certas condições torna-se gelo, mas o gelo não deixa de ser água por ter passado por uma mudança de estado. Anamorfose é o resultado de uma condição que produz, em certos elementos ou componentes do sistema, mudanças de forma ou de formato sem alterar as propriedades centrais do sistema.

A modalidade *anamorfose* merece atenção especial. Anamorfose é uma expressão pictórica, cunhada no século XVI, num momento em que os artistas não eram autorizados a expressar, em sua arte, tudo o que pensavam ou desejavam exprimir. Uma das estratégias que usavam para disfarçar o que queriam de fato dizer era criar “formas deformadas” sem perder os elementos constitutivos principais da figura ou objeto pictórico. Em várias obras de arte, estudiosos descobrem distorções e deformações que respeitam rigorosamente o mesmo objeto que geralmente pode ser visualizado de um ângulo inusitado de visão. A mais clássica delas é uma pintura de Hans Holbein, *Os Embaixadores*, onde o artista pinta um crânio humano para representar a decadência política da época, só que o dispõe numa perspectiva tão distorcida, que só se vê que é um crânio ao se olhar o quadro com um ângulo de menos de vinte graus. Sempre achei isso fascinante, depois descobri que estão agora usando anamorfoses como dispositivo de publicidade nos campos de futebol, basta olhar do lado das traves, da arquibancada, se pode ler perfeitamente. Como eles fazem uma anamorfose, de frente, não se enxerga, mas de lado se vê, por exemplo, o nome Petrobras (só citei Petrobras, porque é uma empresa pública).

Tanto o movimento da transposição quanto a mudança produzida pela anamorfose no sistema dão conta do que ocorre em um mesmo objeto. Em ambos os casos, não há produção de objeto novo no sistema. No estudo dos sistemas complexos, é importante avaliar a produção de novos objetos. Temos basicamente duas formas de determinação, ditas analíticas, capacitadas à produção de objetos novos: uma é a composição, e outra, a variação.

O termo “composição” remete à operação técnica clássica da química em que elementos são adicionados para se produzir compostos por meio de síntese. Síntese em química não equivale a síntese no sentido filosófico, embora ambas se definam por antítese à análise. Tanto a composição quanto a variação criam um novo objeto. Quer dizer, se eu adicionar partes e da soma das partes resultar um todo, que é diferente da mera soma das partes, temos um novo objeto criado pela composição. Igualmente, articulamos fatores em relação a uma função que produz um efeito qualquer, e verificamos que tal efeito resulta da ação de fatores que modificam um estado a ponto de criar um novo objeto.

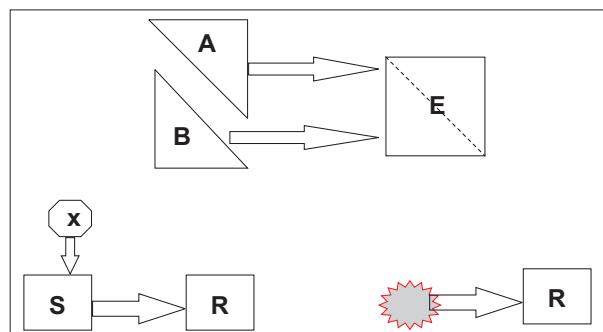


Figura 2: Composição, variação e emergência

Vejamos, na figura 2, uma composição. A e B juntos compõem um E, portanto E é igual à soma de dois elementos, porém E não é A nem B. O resultado é diferente dos processos anteriores. Vemos aqui a forma mais simples, expressão da função que faz variar um fator X que atua sobre um sistema S e nele produz uma alteração substantiva que designamos por R. Aqui S, por exemplo, pode ser uma população, e essa população adoece sob o efeito de um fator (de risco, por suposto).

A estratégia de produção de conhecimento científico que mais se emprega atualmente comprehende a construção de modelos de variação. O livro *Métodos Quantitativos em Medicina*, organizado por um grupo de pesquisadores da USP, tem um capítulo específico sobre modelos e modelagem; foi o único que encontrei em português que discute alguns dos temas deste texto, princi-

palmente sua aplicação na análise de dados em medicina e saúde (Massad et al., 2004). Por exemplo, a abertura do livro é reveladora, pois enfatiza que a produção do conhecimento científico em saúde é o estudo da variabilidade humana, ou das variações. De fato, se pensarmos bem, toda a metodologia científica vigente implica desdobramentos e maneiras criativas de avaliar a magnitude das variações. O elemento constitutivo e determinante da variabilidade é o que classicamente chamamos de fator. Não me refiro ao fator como expressão matemática apenas nominativa, “fator” etimologicamente significa o que faz, aquele que produz a variação. Os fatores operam por meio de uma função, por isso, nesse paradigma é tão im-

portante a aproximação quantitativa como estratégia de análise de função.

Agora a teoria da complexidade traz à cena uma nova forma de determinação que é a emergência. Não se pode definir a emergência pelo que já estava no sistema antes do novo emergir porque a emergência é um *plus*, um a mais que ocorre. O novo é algo que se agrupa ao sistema e que não estava previsto em nenhuma das outras formas de determinação. Castoriadis (1982) chama a emergência de “criação radical” e se refere ao “radicalmente novo”; Morin (1982, 1990) simplesmente fala de emergência como criação. Adiante vou elaborar mais sobre o conceito de “emergência”, um dos pilares do paradigma da complexidade.

## 2 Modelos pré-complexos

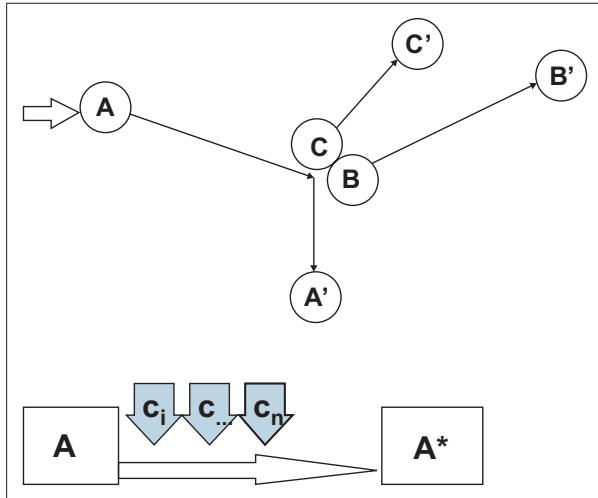


Figura 3: Desdobramento do esquema

O desdobramento do nosso esquema (figura 3) permite também demonstrar que multiplicar elementos no sistema não implica torná-lo um sistema complexo. Pode apenas transformá-lo em um sistema complicado. Se aumentarmos o número de elementos no primeiro sistema, com uma transposição que parece quase uma descrição da cinética de bolas de bilhar, observamos que multiplicar as bolas de A a N não introduz qualquer mudança na natureza da determinação que o sistema expressa. A mesma coisa se passa no sistema da anamorfose, onde multiplicar as condicionantes C<sub>i</sub> a C<sub>n</sub> não altera a natureza da anamorfose. Vejamos um exemplo em relação às condições que fazem com que a água se torne gelo. Não é somente temperatura, pode ser temperatura, pressão, composição da água etc.; trata-se igualmente de uma demonstração de que multiplicar os elementos não muda a natureza do processo de determinação.

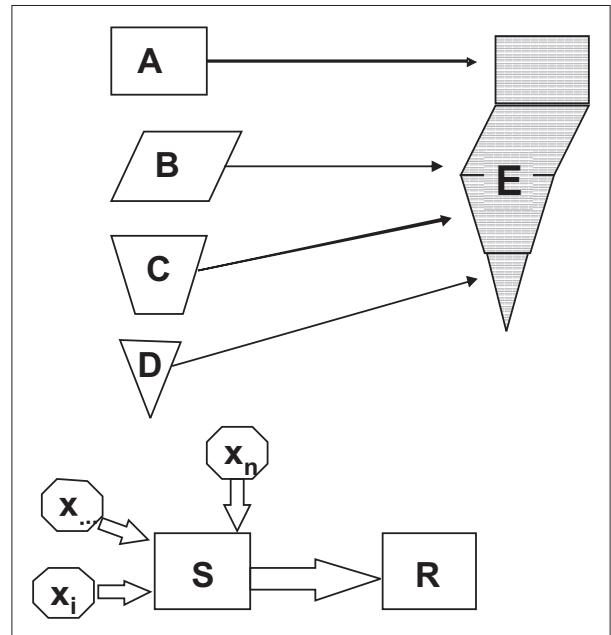


Figura 4: Composição e função multivariada

Uma ilustração do mesmo tema encontra-se no gráfico (da figura 4), em que temos uma composição e uma função multivariada. A composição do elemento E resulta do somatório dos elementos A... D, como segue:

$$E = A + B + C + D$$

A variação determinante de R incorpora os fatores X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>... até X<sub>n</sub> como elementos numa equação de função de risco. Risco é uma função do fator X<sub>1</sub>, do fator X<sub>2</sub>, do fator X<sub>n</sub>, de cada um deles atuando simultaneamente, porém de modo isolado. A formalização resultante pode ser calculada por uma equação de regressão multivariada simples:

$$R = f(X_1 + X_2 + \dots + X_n)$$

A expressão multicausalidade adquiriu uma aura meio mágica na área de saúde. As pessoas falam assim – multivariado, multicausal, multifatorial – e acreditam que estão falando novidades, mas entre essas equações a diferença é apenas de quem vê  $X_1$  em uma e  $X_n$  em outra, e cada um deles com efeito isolado sobre essa situação de risco. Meu argumento, apresentado primeiro em um apêndice à segunda edição de *A Clínica e a Epidemiologia* (Almeida Filho, 1992), é que não há qualquer mudança na natureza do modelo ao torná-lo complicado por meio da multiplicação de fatores se cada um deles atuar isoladamente.<sup>4</sup>

Esta demonstração da evolução de modelos simples para modelos apenas complicados (e não-complexos) de determinação vale não somente em relação à multiplicação de elementos (ou variáveis, como nos modelos de variação), mas também em relação à variedade nas formas elementares de determinação que compõem o próprio sistema.

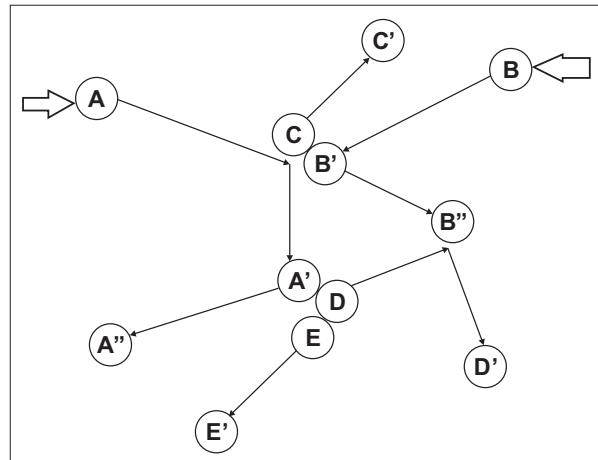


Figura 5: Modelo complicado de transposição

Vejamos outros exemplos (figura 5): o agente A, com o movimento de C, colide com B que vem a sofrer uma transposição e, por sua vez, modifica a posição do elemento E. O agente A não tem nada a ver diretamente com o deslocamento de E, por exemplo. Houve aqui um acréscimo de níveis em um processo de transposição, só para relembrar. A mesma coisa pode ocorrer com múltiplos níveis de complexidade.

<sup>4</sup> Não obstante, no sentido estrito de múltiplas causas para um dado efeito, a proposta da multicausalidade não é capaz de superar o problema fundamental do velho paradigma: os nexos do processo de determinação das doenças são ainda de natureza causal, como fatores (do latim *factor*, aquele que fabrica), sempre esperados como efeito-específico. No caso, a noção de efeito-especificidade é simplesmente transferida a um nível hierárquico mais elevado, do nexo de causa única à especificidade de um complexo de causas. Ser uni- ou multicausal é irrelevante para a classificação de qualquer modelo determinista, uma vez que o critério classificatório efetivo é a natureza do nexo que sintetiza a relação de determinação. Como tal, a expressão “multicausalidade” não indica qualquer aumento substancial do nível de complexidade. Multiplicar causas e/ou efeitos em algum modelo explanatório não resolve as limitações fundamentais do causalismo, e nada nos diz em relação à natureza potencialmente rica e diversa das funções de risco. Tal abordagem, ainda no sentido tão preciso quanto restritivo dos manuais epidemiológicos, refere-se exclusivamente à complicação, e não à complexidade. A categoria multicausalidade tanto pode implicar uma decomposição dos elementos da causa ou conjunto determinante, quanto pode indicar uma fragmentação do próprio processo causal. Um modelo pode ser tomado simultaneamente como multicausal e unicausal. Uma causa composta, pode ser decomposta em diversas causas componentes, tanto horizontalmente, indicando fases distintas do processo causal, quanto verticalmente, mostrando a ação de várias “subcausas”. O número total de causas não importa em princípio porque o modelo em si não terá sido construído para incorporar de alguma forma uma dinâmica interna, com nexos de natureza diversa e mutante. Pelo contrário, neste modelo cada uma das pequenas setas pretende representar uma conexão qualitativamente do mesmo tipo da grande seta, a grande causa, a causalidade. Portanto, podemos empregar o mesmo tipo de descritor *standard* (usualmente uma função matemática linear) para a causa maior A e para as pequenas causas  $a_n$ , no qual qualquer especificação de subcausas, de subetapas, simplesmente implica a fragmentação de uma série determinante mais contínua (ou processo causal), sempre da mesma imutável natureza. Trata-se de uma ilustração de que uma abordagem fractal, não implica necessariamente em complexidade ou não-linearidade. (Cf. Almeida Filho, 1992)

tiplas anamorfoses seqüenciadas, em que a multiplicação de elementos não altera a natureza das relações do modelo.

Mas o que vai nos interessar mais neste momento são os modelos de risco. Tais modelos têm duas características que os distinguem do caso anterior.

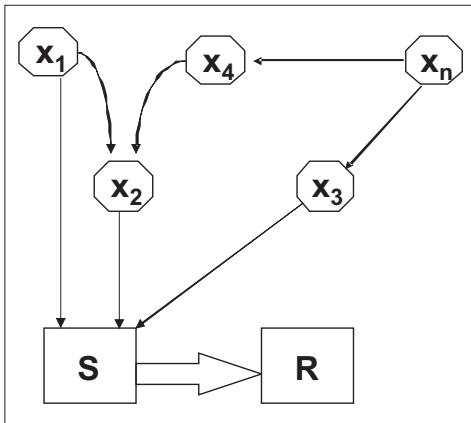


Figura 6: Modelo complicado de variação – multi-nível

Primeiro, existe uma interdeterminação ou ação mútua entre os próprios fatores; segundo, dois níveis de determinação se apresentam no modelo (figura 6). Por exemplo, o fator  $X_4$  não atua diretamente sobre a situação  $S$ , mas sem o fator  $X_4$  o principal elemento de determinação da variação da situação  $S$ , que é  $X_2$ , não teria a completude da sua determinação.

Posso dizer que temos aqui uma definição não de complexidade, mas de complicaçāo que está além da multiplicidade ou multiplicação de variáveis do sistema. Trata-se, como disse antes, dos níveis e já estou sendo forçado a apresentar um modelo que tem um nível que não se relaciona proximalmente com o efeito.

A expressão matemática desse modelo é simples: um sistema de equações que leva em conta a produção de risco  $R$  como uma função de  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , atuando sobre a situação de saúde  $S$ . A variação na situação de saúde para uma situação de risco é devida ao efeito desses três fatores. No sistema de equações, tenho que também definir  $X_2$  com uma função de  $X_1$  e de  $X_4$ , sendo  $X_3$  e  $X_4$  por sua vez, funções de  $X_n$ . A notação é muito direta,

trata-se ainda de um sistema de equações de regressão linear simples.

$$R = f(X_1 + X_2 + X_3)$$

$$X_2 = f(X_1 + X_4)$$

$$X_3, X_4 = f(X_n)$$

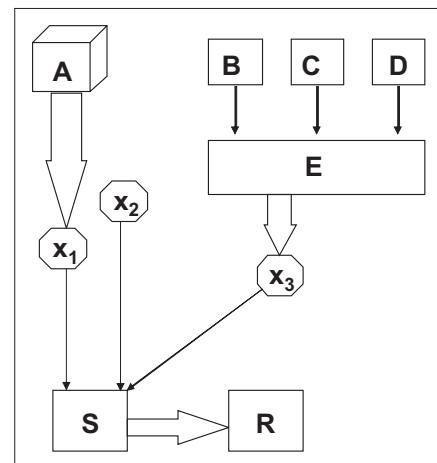


Figura 7: Modelo complicado de variação – multi-modal

Agora aqui (figura 7), temos uma característica que poderá, de modo bastante elementar, ilustrar uma definição do grau máximo de complicaçāo. Além do acréscimo de níveis, a natureza dos processos do sistema é plural, envolvendo múltiplas modalidades de determinação. Nesse caso, temos duas diferentes modalidades de determinação. Primeiro, há uma transposição – que muda a posição de um dos elementos e o põe em uma situação de exposição a condições, levando-o a transformar-se – e, em segundo lugar, uma anamorfose. Aqui na figura, encontramos uma anamorfose na transformação do elemento A para torná-lo um primeiro fator, já que, na sua forma ou estado inicial, A não configurava um fator capaz de produzir risco em uma dada situação de saúde. Por exemplo, existem momentos em que o microorganismo em uma certa etapa do seu próprio ciclo evolutivo não está ativado como patógeno, portanto mesmo ativo e reproduzindo-se no ecossistema não se configurará como elemento de contágio e agente de infecção. Voltando ao modelo, aqui também há uma composição que produz outra anamorfose; já neste ponto temos três

funções. Isso quer dizer que é um sistema que tem diferentes níveis, note-se que A, B, C e D não se relacionam com a variação. Além de ser multinível, o sistema é multimodal, pois mostra relações de natureza diferente de maneira que, para expressá-lo algebricamente, precisamos de uma equação simples de regressão, com a representação de duas anamorfoses e uma composição.

$$R = f(X_1 + X_2 + X_3)$$

$$X_1 \equiv A$$

$$X_3 \equiv E$$

$$E = B + C + D$$

O que salta à vista nesse modelo é que todas as expressões gráficas de conexão orientam-se numa única direção; esse modelo tem um começo, tem um meio e tem um fim. É claro que isso, de certa forma, facilita o manuseio do modelo, porém tal propriedade de linearidade pode ser uma importante limitação diante da aproximação que propomos. Verificamos que o nosso modelo, apesar de multivariável, multinível e multimodal, continua a ser um modelo linear.

### 3 Não-linearidade e emergência

Vamos mudar de registro para poder continuar, agora abordando o tema das relações entre não-linearidade e emergência. A característica mais visível do chamado “novo paradigma” talvez seja a rejeição da doutrina do causalismo como princípio estruturante da abordagem convencional da ciência. O emprego do termo *caos*, com a conotação de “desorden”, no sentido da descrição geral de sistemas regidos por relações não-lineares, de algum modo indica que esta perspectiva abre-se à consideração de outros princípios estruturantes, além da ordem causal predominante na epistemologia convencional, tais como as descontinuidades, as bifurcações, os ruídos, as contradições e os paradoxos.

Três sentidos têm sido, em geral, agregados à noção de não-linearidade. Em primeiro lugar, o adjetivo não-linear tem sido usado para significar recursivo ou iterativo, no sentido dos efeitos de sistemas dinâmicos não-convergentes e não-finalísticos. Em segundo lugar, a qualificação de não-linear tem sido empregada para designar efeitos potencializados de estímulos débeis nos sistemas dinâmicos complexos. Em terceiro lugar, a não-linearidade encontra-se associada à propriedade de relações entre séries de eventos que não seguem a lógica do efeito proporcional ao estímulo causal específico que, em nossa área, tem sido denominado de efeito dose-resposta.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Modelos de predição que se baseiam em modelos teóricos de distribuição de eventos baseados em funções não-lineares – rítmicas, descontínuas ou críticas (catastróficas) – vêm sendo desenvolvidos para a descrição das relações determinantes complexas de sistemas dinâmicos (Delattre; Thellier, 1979). Tais modelos reconhecem três modos de definir não-linearidade:  
a) Não-linearidade como recursividade ou iteração, no sentido dos efeitos de sistemas dinâmicos não-convergentes e não-finalísticos. A diferença, nesta concepção particular de não-linearidade, entre sistemas dinâmicos lineares e não-lineares encontra-se na ocorrência ou não de fluxos de retroalimentação do sistema, os famosos circuitos de *feed-back*. Nesse caso, a não-linearidade constitui uma propriedade dos sistemas dinâmicos (e não das suas relações internas), implicando que estes não constituem meros produtores de efeitos (ou *outputs*), e sim que também são por estes determinados. Um modelo teórico de transmissão de doença foi proposto por Koopman & Longini (1994), com clareza definindo não-linearidade por referência aos processos iterativos da dinâmica epidemiológica.  
b) Não-linearidade como propriedade de relações entre séries de eventos que não seguem a lógica do efeito proporcional ao estímulo causal específico que, em nossa área, tem sido denominado de efeito dose-resposta. Não-linear implica diretamente a descontinuidade, que tem recebido um tratamento matemático bastante sofisticado desde a chamada teoria das catástrofes, elaborada e difundida principalmente por Zeeman e Thom na década de 1980 (Thom, 1985). Catástrofes constituem mudanças abruptas e desproporcionais em resposta a alterações suaves no conjunto de variáveis de um dado sistema. Interessante notar que uma das primeiras tentativas de aplicação da teoria das catástrofes, conduzida pionieramente pelo próprio Zeeman (1972), foi realizada com base em um tema da saúde, especificamente na área da neurofisiologia.  
c) Não-linearidade como efeitos potencializados de estímulos débeis nos sistemas dinâmicos complexos. A mais popular e interessante demonstração desta modalidade de caos, no campo da meteorologia, será talvez o chamado Efeito Borboleta, descrito por Lorenz (1993) em um trabalho curiosamente intitulado *Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas?*. De fato, a reduzida predibilidade dos modelos gerados com base nesta definição de não-linearidade deve-se à “hipersensibilidade” do sistema em relação a processos de interação e sinergismo. Esta propriedade, tecnicamente definida como “dependência sensitiva às condições iniciais”, foi antevista e matematicamente formulada por Poincaré há quase um século atrás (Percival, 1994). Trata-se de uma propriedade essencial dos sistemas dinâmicos que abre caminho para modelos explicativos baseados em “determinações fracas” ou efeitos sensíveis (interações), ou seja, modelos com menor grau de precisão e reduzida estabilidade preditiva com base em configurações conhecidas de fatores ou determinantes. A importância dos efeitos potencializados ou sinérgicos não pode ser de modo algum negada. Este elemento da não-linearidade, porém, tem sido relativamente superestimado no processo de construção teórica dos paradigmas alternativos, na medida em que alguns autores chegam a sugerir que a própria definição de caos consistiria em “flutuações geradas por uma dependência sensível às condições iniciais” (Eckman; Ruelle, 1985).

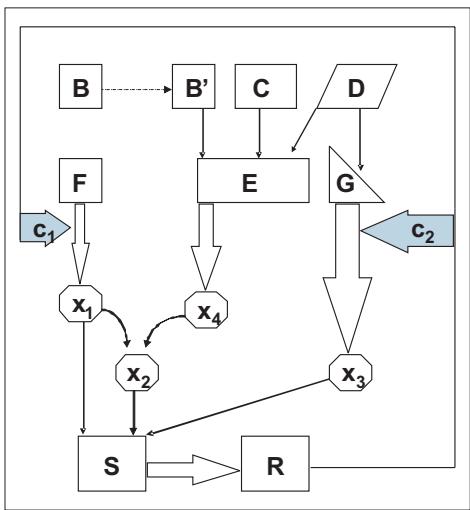


Figura 8: Modelo de variação de complexidade grau I – não-linearidade

O esquema (figura 8) agora não mais revela um modelo linear porque o seu fim produz as condições que determinam anamorfoses essenciais para o funcionamento do próprio modelo. Chamemos à propriedade resultante da introdução desse tipo de não-linearidade no modelo como Grau I de complexidade.

Aqui temos um fragmento do famoso poeta T.S. Eliot, em *The Waste Land*:

In my beginning is my end. (...) In my end is my beginning, para o qual, proponho a seguinte tradução: “em meu começo está meu fim... e no final, meu começo”.

Na teoria clássica dos modelos sistêmicos, essa propriedade foi, certa vez, descrita como retroalimentação ou *feedback*. Os matemáticos hoje preferem chamá-la de “iteração”. Creio que podemos denominá-la de “retroação”. O que é interessante frisar nesse processo é que tais formas de representação da realidade têm a intenção de superar a paralisação da realidade dos modelos pré-complexos. A noção de “atratores” pode ser imediatamente correlacionada a esta definição particular de não-linearidade como recorrência, recursividade ou iteratividade.<sup>6</sup>

Um problema teórico fundamental das diversas perspectivas paradigmáticas alternativas consiste na possibilidade de pensar que a realidade concreta se estrutura de modo descontínuo. Trata-se de uma maneira nova de lidar com a questão da determinação em geral, abrindo-se a ciência à possibilidade da “emergência”, ou seja, ao engendramento do “radicalmente novo” no sentido de algo que não estaria contido na síntese dos determinantes em potencial (CASTORIADIS, 1982).<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Os “atratores estranhos” constituem uma forma particular de expressão gráfica das associações de elementos dos sistemas dinâmicos iterativos, portanto apropriadas para a representação de relações não-lineares no chamado “espaço de fase”. Um exemplo de atrator estranho encontra-se no atrator de Lorenz, em que podemos notar uma redução da capacidade de *predição* dos ciclos e ritmos do modelo. Predição é aqui referida no sentido convencional estrito de antecipações possíveis de pontos/valores singulares de um dado sistema, como, por exemplo, no modelo preditivo  $y = a + bx$ , em que o conhecimento de qualquer valor de  $x$  possibilita a predição de um valor  $y$  correspondente. No caso dos atratores estranhos, a perda de poder preditivo ocorre em paralelo a um aumento da capacidade de *previsão* do modelo, em que previsão implica uma antecipação do estado do sistema com base na estabilidade relativa das transformações dos seus parâmetros. Dessas operações, resultariam padrões de figuras dinâmicas ou formas de movimento (os famosos fractais, como veremos adiante) mais do que funções de cálculo.

<sup>7</sup> Novamente se admite a figura do paradoxo como parte integrante da lógica científica, no que proponho designar como o Paradoxo 2 do novo paradigma: “o novo a partir do existente”. Esta questão vincula-se estreitamente ao chamado “problema da irreversibilidade”, em que o elemento dimensional do tempo é posta em causa (Coveney, 1994). O tratamento deste problema em relação à fisico-química e à moderna biologia, particularmente na busca de uma definição dialética organização-entropia da vida, como propriedade de “estruturas dissipativas” (Prigogine; Stengers, 1986), permitiu a abertura do debate em torno de uma biologia sistêmica baseada na noção de “caos dinâmico” (Coveney, 1994). Como exemplo desta abertura essencial, tomemos a concepção de “ordem a partir do caos” (Atlan, 1981), que sugiro designar como o Paradoxo 1 do novo paradigma. Esta referência particular incorpora um determinismo especial, às vezes, denominado de “caos determinístico”, distinguindo, com clareza, entre caos e indeterminação ou aleatoriedade, conceitos correlacionados com o famoso princípio da incerteza que inaugura a crítica à física relativista contemporânea (Powers, 1982). De todo modo, o uso da expressão “teoria do caos” (Gleick, 1986), consagrado em um jargão instituído pela prática comunicativa ainda incipiente da “nova ciência”, incorpora uma expectativa de formas alternativas de determinação que emanariam de processos aparentemente desordenados, ou seja, “caóticos”.

No que se refere à pesquisa no campo da saúde, reafirmo o seguinte: todos os modelos convencionais de análise de risco paralisam a realidade. O fato de que se pode avaliar como efeito ou fim do processo a eclosão de certa enfermidade na população – por exemplo, que 17% dos membros de uma certa população adoeceram num tempo definido – não quer dizer que o processo de produção de morbidade parou de operar na população depois dessas pessoas terem adoecido. Novos fenômenos foram provocados pelo adoecimento dessas pessoas e muitos desses fenômenos têm efeito direto sobre o próprio processo de produção do risco.

Dou um exemplo simples e direto: algo que muito se tem estudado e para isso têm se desenvolvido técnicas analíticas novas é a questão da imunidade populacional de doenças transmissíveis, como o sarampo ou, melhor ainda, a dengue. Há essa onda de que o Brasil praticamente erradicou a dengue, porque reduziu substancialmente o número de casos. Qualquer modelo epidemiológico deve levar em consideração que, quando os sujeitos são acometidos por uma doença in-

fecciosa, podem adquirir também o que se chama de imunidade temporária. Isso aumenta o risco, implicando a presença de uma condição que vai frear o processo de produção de casos, até o momento em que esse freio resulte em menos contágio e, portanto, menor risco. Então, caso não haja mudanças na difusão do microorganismo, isso implica um novo ciclo que resultará na possibilidade do aparecimento de mais pessoas que não terão sido expostas, terminando em novo pico epidêmico. Por isso, no tempo do sarampo endêmico no Brasil, havia epidemias de 5 em 5 anos e hoje devemos esperar epidemias de dengue de 3 em 3 anos, passando-se dois anos para que, de alguma forma, se reciclem os reservatórios de morbidade.<sup>8</sup>

A formulação algébrica do modelo de complexidade Grau I tem uma utilidade principalmente descritiva e já revela a inclusão da retroação, pois incorpora equações de iteração ( $c_1$ ,  $c_2$ ):

$$\begin{aligned} R &= f(X_1 + X_2 + X_3) \\ X_1 &\equiv F|c_1 ; X_2 = f(X_1 + X_4) ; X_3 \equiv G|c_2 ; X_4 \equiv E \\ E &= D + C + B' - G \\ B' &= B \\ c_1, c_2 &= f(R) \end{aligned}$$

<sup>8</sup> O modelo S-E-I-R (Suscetibilidade-Exposição-Infecção-Recuperação) já representava uma tentativa de descrever a dinâmica epidemiológica das doenças infecciosas por meio de um sistema de equações diferenciais, ainda em uma expectativa de modelagem linear da descontinuidade (Anderson, 1982). Arnold (1989) refere-se às epidemias como exemplo de uma perturbação catastrófica que se propaga em um certo meio do espaço-tempo, que poderia igualmente ser expressa pelos modelos de turbulência. Philippe (1993) estudou um surto de meningite meningocócica em Montréal do ponto de vista desta aplicação particular da teoria do caos, com base na concepção de limiar (*threshold*), sugerindo, enfim, que o modelo (linear) de Anderson aplica-se a sistemas estáveis como as endemias enquanto as epidemias pertenceriam à ordem dos sistemas dinâmicos caóticos. Sob a perspectiva de análise espacial, Daniels (1995) analisou ondas epidêmicas com velocidade finita com o auxílio de um modelo não-linear, baseado no que se designou como “abordagem de perturbação padrão”. Sobre intervenções em saúde, Struchiner et alii (1995) desenvolveram abordagens não-lineares e não-normais com base em modelos de “estado-espacço” para a estimativa retrospectiva de parâmetros de transmissão de infecção com base em dados atuais de prevalência e imunoproteção.

Sobre o caso específico, vejamos alguns exemplos: A noção de “evento dependente” proposta por Sir Ronald Ross em 1910 já antecipava a concepção de não-linearidade como iteração de efeitos em um sistema dinâmico. O próprio estudo de Koopman & Longini (1994) sobre a associação entre níveis de exposição domiciliar ao mosquito e risco de infecção por dengue no México, exemplifica muito bem esta definição de não-linearidade como recursividade, ao mesmo tempo que produz uma intrigante e poderosa demonstração da utilidade da modelagem não-linear para evidenciar os efeitos dos níveis de agregação sobre uma associação epidemiológica. Nesse estudo, a análise epidemiológica convencional, linear, de base individual, revela medidas relativamente estáveis de não-associação (OR até 1,1; Fração Etiológica até 1,3 %) que, ademais, não variam com a proporção da população exposta ao risco. Entretanto, quando se considerou uma definição ecológica para a variável de exposição e quando se incorporou ao modelo um fator de dependência da exposição como resultado da incidência (ou seja, uma taxa de “realimentação” da epidemia), observou-se um aumento cumulativo da taxa de infecção, resultando em um OR de 12,7 e uma Fração Etiológica de até 17,5 % (Koopman & Longini, 1994).

Veja-se que a expressão dessa propriedade do sistema é parcial e, para se entender a ocorrência dos próprios fatores, é preciso que se tome todo o sistema. Então o modelo apresentado nesse gráfico (figura 8) preenche uma propriedade fundamental da complexidade – não-linearidade (retroação) –, mas ainda não a emergência. Isso quer dizer que, quando tomamos as variáveis no seu conjunto, o efeito combinado resultante é equivalente à soma dos efeitos individuais. Entretanto, não é isso o que ocorre em modelos de situações reais de saúde, pois freqüentemente o efeito resultante é maior que a soma dos efeitos das variáveis individuais.

Vou dar um exemplo da minha prática atual de pesquisa, com resultados de um artigo recentemente publicado em *Social Science & Medicine* (Almeida Filho et alii, 2004) em que estudamos a interação de gênero, classe social e raça/etnicidade sobre a prevalência de transtornos depressivos. A variável gênero tem um efeito padrão, confirmado em diversas partes do mundo, na seguinte direção: mulheres têm um risco de depressão duas vezes maior que homens. Cada uma das outras variáveis isoladas apresentavam baixo risco: classe social fez um risco relativo de 1,6 e raça/etnicidade sozinha não chegava a ser significante. Colocando as três variáveis juntas, a soma dos efeitos isolados, com os riscos relativos de gênero, classe social e raça, respectivamente, de modo simplificado seria 4,6 (= 2,0 + 1,6 + 1). Na verdade, o risco relativo encontrado na análise dos dados foi o dobro do esperado: para mulheres, pobres e negras o risco de depressão foi 9 vezes maior se comparado com homens brancos e ricos. Esse

excesso de risco, apesar de não ser predocto nem explicado pelo modelo, emerge na realidade concreta, aparece nos dados e não se pode negar ou suprimir sua existência.

Proponho que o excedente dos efeitos de risco em geral, que constituem processos sinérgicos de interação, constituem exemplos de emergência em sistemas epidemiológicos. Nessa interpretação, ao serem introduzidos no modelo, tais interações têm impacto sobre a variação que está sendo avaliada como resultante de um efeito convencionalmente predito na produção de risco. Fazendo um jogo de palavras, trata-se de um modelo iterativo e interativo.<sup>9</sup>

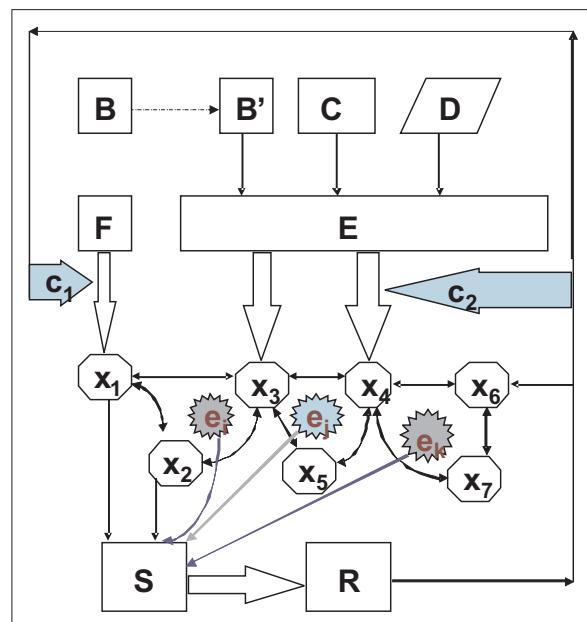


Figura 9: Formulação gráfica de uma modelagem de Complexidade Grau II

<sup>9</sup> A consideração dos efeitos “fracos” e dos fatores de interação possibilita, enfim, a operacionalização de modelos de sistemas dinâmicos sob a forma de redes de pontos sensíveis, a nosso ver com alto potencial para a construção do objeto saúde. No campo da saúde coletiva, já existem alguns interessantes exemplos de aplicação deste enfoque específico da teoria do caos, particularmente em relação à epidemiologia de enfermidades transmissíveis. O estudo pioneiro de Schaffer & Kot (1985), que identificou padrões de dinâmica não-linear em uma série epidêmica de sarampo, abriu caminho para todo um programa de pesquisa dirigido ao desenvolvimento de técnicas para a identificação de caos e não-linearidade em processos epidêmicos. Olsen & Schaffer (1990), analisando dados do sistema de vigilância epidemiológica da cidade de Nova Iorque, respectivamente para sarampo e varicela, encontraram configurações bastante diferentes, evidenciando que, apesar de ambos os perfis epidêmicos acontecerem em um ciclo anual, a dinâmica desta ocorrência parece obedecer a parâmetros completamente distintos, evidenciando ainda o reduzido grau de predibilidade dos modelos explicativos das epidemias infantis. Finalmente, Grenfell, Bolker & Kleckowski (1995), empregando técnicas de simulação parametrizada, desenvolveram uma interessante demonstração da ocorrência de não-linearidade em modelos SEIR submetidos a diferentes intervalos de sazonalidade.

Considerando o esquema (figura 9), temos aqui a formulação gráfica de uma modelagem de Complexidade Grau II: está claro que ela é multi-nível, multimodal, multivariável, não-linear e agora incorpora elementos de emergência. Como vemos, o sistema de equações novamente tem finalidade descritiva e agora incorpora os efeitos de interação dos fatores de risco.

$$R = f(X_1 + X_2) + (e_i + e_j + e_k) / (c_1 \dots c_n)$$

$$X_1 \equiv F|c_1; X_2 = f(X_1 + X_3) + e_i; X_3 \equiv 1/2(E); X_4 > 1/2(E|c_2); X_6 = f(R)$$

$$e_i > (X_1 + X_2 + X_3)$$

$$e_j < (X_3 + X_4 + X_5)$$

$$e_k > (X_4 + X_6 + X_7)$$

$$E > D + C + B'$$

$$B' = B$$

$$c_1, c_2 = f(R)$$

Apesar da completude aparente deste modelo, podemos ainda perguntar o seguinte: em que esse modelo se mostra insuficiente para a descrição de situações reais de saúde através de sistemas complexos?

## 4 Borrosidade

Dentre as concepções menos conhecidas das novas abordagens paradigmáticas, situa-se a “teoria dos conjuntos borrosos” (em inglês: *fuzzy set theory*), proposta por Lofti Zadeh no início da década de 1960 (McNeill; Freiberger, 1993). Trata-se de uma abordagem crítica das noções de limite e de precisão, essenciais à teoria dos conjuntos que funda a analítica formal da ciência moderna. Esta concepção lógica rompe com o velho convencionalismo aristotélico que define os fundamentos epistemológicos da certeza com base nos princípios da identidade, da não-contradição e do terceiro excluído (COSTA, 1980).

Nos modelos anteriores, cada um dos elementos se apresenta como isolado do conjunto das coisas, fenômenos, objetos e processos, nos quais necessariamente se situa. Claro que não é assim. Ocorrem transições de fase na variação modelizada em sistemas reais que aparentemente impedem que se especifique, com precisão rigorosa e corte discreto, os limites exatos entre a situação anterior e a nova situação. Da mesma maneira,

não é possível definir os limites entre os efeitos de todos os fatores ativos no modelo. As fronteiras entre ser e não-ser nem sempre podem ser claramente demarcadas.<sup>10</sup>

Um certo modelo que impõe limites entre os elementos que o compõem será mais fiel ao conjunto de processos que o sistema pretende representar? Não necessariamente. De fato, não podemos saber quando começa a situação alterada nem onde estão os limites dos elementos entre si e deles com o seu contexto.

No contexto do paradigma da complexidade, tem-se usado o termo “borrosidade” para designar esta propriedade dos sistemas reais, especialmente no campo da lingüística e da física. As palavras “borroso” e “borrosidade” não existem em português, mas como estamos ainda num campo de pesquisa novo, pouco explorado, podemos nos permitir algumas licenças de tradução. Borrosidade é uma tradução livre do espanhol que, por sua vez, é uma tradução do termo inglês *fuzziness*. Ortega (2004) tem um capítulo específico sobre

<sup>10</sup> Como corolário das rupturas lógicas associadas às noções de não-linearidade e caos, haveria três modalidades de incerteza – a contradição, a confusão e a ambigüidade – não-passíveis de formalização lógica e matemática, portanto fora dos limites da racionalidade científica clássica. A estas, acrescente-se a “borrosidade” (*fuzziness*), propriedade particular dos sistemas complexos no que se refere à natureza arbitrária dos limites infra-sistêmicos impostos aos eventos (unidades do sistema) e ao próprio sistema (Zadeh, 1982), em suas relações inter-sistêmicas com outros sistemas, com os super-sistemas (contextos) e com os respectivos observadores. A teoria dos conjuntos borrosos implica uma crítica radical à noção de evento como uma fragmentação arbitrária dos processos de transformação e dos elementos dos sistemas dinâmicos. Desta maneira, impõe-se uma delimitação precisa e de certo modo arbitrária em que efetivamente ocorre uma fluidez dos limites espaço-temporais dos elementos de um dado sistema. A lógica borrosa também implica uma recuperação da contextualização (ou referencialidade) como etapa crucial do processo de produção de conhecimento. Neste caso, borram-se os limites externos do sistema, ou seja, a interface entre os sistemas entre si e destes com o contexto, ou os super-sistemas que os incorporam, *grosso modo*, equivalente ao que Maturana (1992) denomina de “acoplamento estrutural”. Além disso, a crítica da noção de limite implica um questionamento da categoria epistemológica de objetividade, retomando o clássico problema do observador como efeito de borrosidade. Neste caso, é atraente a referência, por simples analogia, à delimitação fluida, ambígua, contraditória e confusa entre sujeito e objeto no processo da pesquisa. Paradigmática desta categoria de borrosidade será certamente a questão fundamental dos limites da percepção humana como produto de “correlações senso-efectoras” de um organismo dito observador enredado em espaços perceptuais compartilhados com os objetos observados (Maturana, 1992).

lógica borrosa. A autora não assume uma tradução, no texto usa lógica *fuzzy* ou difusa; o termo “lógica difusa” não me parece bem aplicado – borosidade ou lógica borrosa são expressões mais adequadas. Existem alguns livros sobre o tema, em que se conta a história de como esse conceito entra no paradigma da complexidade. Devido à sua origem extremamente tecnológica nas engenharias e na física, claro que tal formulação não encontra eco na obra de Morin.

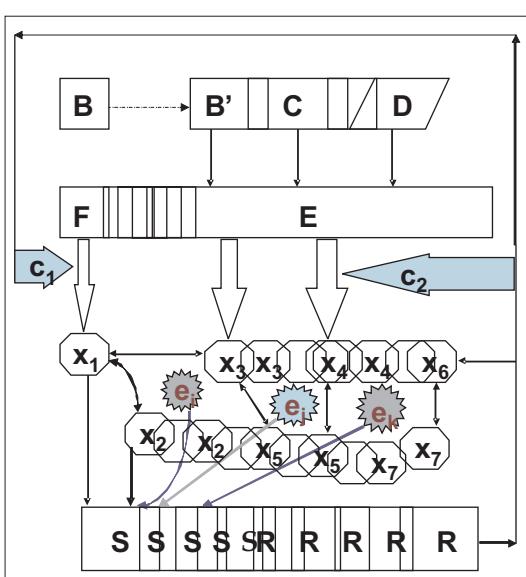


Figura 10: Modelo de variação de complexidade grau III – borosidade

Mas voltemos ao assunto. Com a incorporação da borosidade nos fatores e efeitos do sistema (figura 10), podemos definir modelos de complexidade Grau III. Posso dizer que, neste momento, chegamos ao limite da formalização matemática, ou melhor, da algebrização do problema.

$$\begin{aligned}
 S \sim R &= \{f(X_1 + X_2) + (X_2 \sim X_7) + (X_3 \sim X_6)\} \cdot f(e_i \\
 &+ e_j + e_k) / (c_1 \dots c_n) \\
 X_2 &= f(X_1 + X_3 \sim X_6) \\
 X_6 &= f(S \sim R) + (\sim X_3)
 \end{aligned}$$

Note-se como ficou difícil visual e algebricamente representar complexidade. Retomando rapidamente a seqüência dos gráficos de modelos que analisamos, começando com a figura 6, está fácil. Nela podemos representar algebricamente uma solução, acrescentando-se mais complexidade, na figura 8 ainda lemos o sistema de equações, posso dizer que deste ponto em diante já não se tem mais solução matemática. Os gráficos e respectivos sistemas de equações funcionam mais como demonstração dos níveis, das modalidades de relações, da natureza de função, da retroação como não-linearidade, aqui tem emergências, aqui tem composições, e aqui tem condições, também são funções, mas a partir deste momento não tem mais formalização possível.

A fixação de fronteiras e limites define uma situação bastante confortável para a pesquisa no paradigma antigo. Alguns conceitos operativos do campo da saúde, como, por exemplo, doença e risco, são exemplares desta ontologia conjuntista da ciência convencional. Entretanto, no campo científico da saúde, o que mais nos interessa é o seguinte: encontra-se bem delimitada a fronteira entre a situação de saúde dessa população e uma nova situação que resultou da produção do risco? Podemos colocar uma seta enorme, ligando os dois estados, mas minha pergunta é a seguinte: é isso o que de fato ocorre no mundo real? Quer dizer, fatores de risco de repente tornam-se ativos, influenciando o processo mórbido, levando 37 novos casos, subitamente, a acontecerem?

Os esquemas apresentados até agora (figuras 6 a 9) servem como modelos gerais de notação epidemiológica, porém mesmo nos modelos clínicos isso ocorre. Considere-se esta pergunta como não tão inocente: Rigorosamente, quando começa uma gripe? Alguns podem pensar que é no momento em que começa a febre, ou quando começam os sintomas que incomodam o doente, mas aí qualquer um pode dizer: se você tem febre já é resultado de uma infecção. E então, a questão permanece: desde quando você diz que

o sujeito está doente? A partir da exposição? A partir da contaminação? A partir da depressão

imunológica que permite a colonização bacteriana ou viral?<sup>11</sup>

<sup>11</sup> De fato, a pesquisa sobre borosidade encontra-se pouco desenvolvida no campo da saúde. Examinemos duas tentativas recentes de aplicação da noção de borosidade a distintas questões de pesquisa na área da Saúde Coletiva: o uso de modelos protótipicos na pesquisa diagnóstica em saúde mental (Mezzich; Almeida Filho, 1994, Almeida Filho; Bibeau; Corin, 2005) e a definição de estimadores epidemiológicos de risco por meio da lógica borrosa (Massad; Struchiner, 1996). A teoria da categorização natural proposta por Rosch (1973) e desenvolvida por Lakoff (1993), no domínio da lingüística, tem permitido o estudo de esquemas cognitivos complexos com base no conceito de “protótipo”. De acordo com a teoria, esse conceito refere-se aos elementos nucleares definidores de uma certa categoria cognitiva, considerando dois importantes pressupostos teóricos: (a) os traços centrais protótipicos, e não aqueles periféricos, são semiologicamente cruciais para a construção das categorias, com base na noção wittgensteiniana de *family resemblances*; (b) similaridades transculturais articulam o núcleo semântico das categorias protótipicas por meio de analogias, paralelismos e continuidades de acordo com uma variedade de critérios *fuzzy* (com maior ou menor grau de borosidade). Portanto, a categorização cognitiva que orienta a ação estaria mais de acordo com um modelo de protótipos borrosos do que com uma classificação hierárquica de categorias estáveis e mutuamente excludentes (Zadeh, 1982). A fim de aplicá-la na investigação em saúde mental do ponto de vista da epidemiologia (Mezzich; Almeida-Filho, 1994) e da antropologia médica (Almeida Filho, Bibeau; Corin, 2005), a teoria dos protótipos pode ser apropriada na seguinte direção: primeiro, categorias protótipicas não podem ser separadas das ações concretas das pessoas; segundo, tais modelos de ação são incorporados (literalmente, armazenados no corpo) nos sujeitos tanto quanto configurados na mente; e terceiro, os modelos protótipicos são operados na chamada interface entre os mundos individual e social. Na abordagem proposta, os protótipos devem ser, portanto, considerados como produto de uma história singular individual e de experiências coletivas, assim integrando processos globais, cenas locais e atos particulares. O conceito de protótipo não somente implica borosidade nas categorias cognitivas e nos objetos das ciências do coletivo como também representa uma evidente manifestação de fractalidade nos sistemas culturais. Vejamos agora um interessante exemplo de aplicação da idéia de conjuntos borrosos, proveniente da epidemiologia, vertente mais flagrantemente quantitativa da Saúde Coletiva. Massad & Struchiner (1996) recentemente propuseram traduzir nos termos da lógica dos conjuntos borrosos os indicadores epidemiológicos de associação, aplicando-os principalmente à análise de risco em estudos ambientais. Rigorosamente seguindo uma lógica formal, os estimadores de risco relativo mais usuais da epidemiologia são definidos como uma razão de probabilidades condicionais à exposição a um suposto fator de risco,  $R = f(E)$ , em que o estimador de risco R representa uma probabilidade p de ocorrência de uma doença D dada uma exposição E – ou seja,  $p(D|E)$ . Segundo esses autores, entretanto, no cenário de uma nova lógica borrosa, esses indicadores devem ser expressos em termos de probabilidades condicionais, no sentido tanto de níveis de exposição quanto de gravidade da doença. Para isso, será necessário estimar funções de distribuição de probabilidades equivalentes a distintos graus de pertinência associados cada um a um subconjunto borroso, resultando em modelos linguísticos de inferência borrosa. Na formulação original de Zadeh, o criador da *fuzzy logic*, como sabemos, a função F de pertinência  $R(x,y)$  de uma relação R em um conjunto borroso A é dada por operadores de inferência do tipo *max*:  $V - \min$ : , em que  $F(y) = \max_{x \in A} R(x,y)$ .

Aplicando estes parâmetros, de acordo com Massad & Struchiner (1996), é possível definir uma Fuzzy Odds Ratio, FOR, como a razão entre a possibilidade condicional de desenvolvimento de uma certa doença cuja gravidade é d, dado que o indivíduo seja exposto a um certo nível do fator ambiental e, e a possibilidade de que a mesma doença com gravidade d se desenvolva dado que o indivíduo não seja exposto ao fator ambiental, portanto e. (...) Um elemento que pertença a um conjunto A com grau de pertinência a, pode pertencer também a um outro conjunto B, com grau de pertinência b, onde B não é complementar de A, ou seja,  $A \cup B \neq X$  e  $A \cap B \neq \emptyset$ . Então, na exposição acima e não é complementar de e. A medida FOR é dada por,

$$FOR = \frac{\max[R(e|d)]}{\max[R(e|d)] / \max[R(e|d)]} = \frac{\max[R(e|d)]}{\max[R(e|d)]}$$

Apesar do estado ainda incipiente de aplicação da lógica borrosa no campo da saúde, além dos exemplos aqui apresentados, são evidentes os usos potenciais desta abordagem nos processos de tomada de decisão na subárea de gestão e administração em saúde, ou nos sistemas de produção estruturada de diagnósticos. Além disso, pode ser útil para análise de graus e superposição de exposição e gravidade diferenciada especificamente referidos na proposta de Massad & Struchiner (1996).

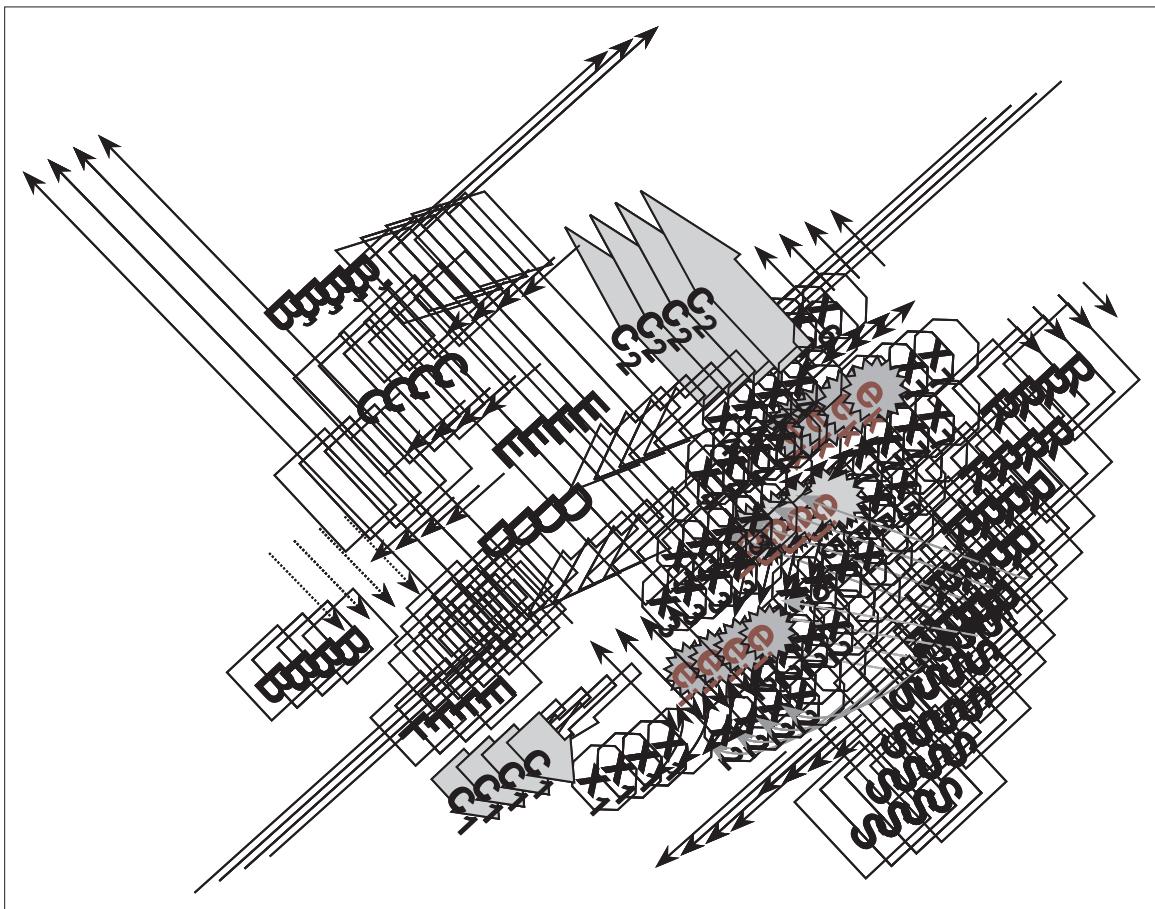


Figura 11: Modelo complexo com borosidade radical

Confira-se o que é um “complexo boroso” neste gráfico (figura 11) que fecha a série. Trata-se evidentemente de uma brincadeira, embora se refira a um assunto muito sério. Podemos dizer que, mesmo preenchendo todos os critérios conhecidos de complexidade, a realidade é ainda muito mais complexa do que qualquer sistema ou

organização que lhe possamos atribuir ou qualquer dispositivo gráfico, esquema ou modelo que o pretenda representar. E ainda não terminamos. Não abordei até agora um outro importante elemento da teoria da complexidade, cada vez mais proeminente: o tema da fractalidade.

## 5 Fractalidade

Supondo que nem todos saibam o que é um fractal, começo mostrando um exemplo de fractal.

Veja-se uma folha de papel, que tem a forma de um retângulo em que a dimensão vertical é aproximadamente uma vez e meia maior do que a dimensão horizontal. Pego esse retângulo e doubro-o. O que aconteceu? Posso dizer que rigorosamente a forma é a mesma. De novo, vou fazendo, e de novo, vou dobrando, posso repetir essa operação ao infinito, claro que não vou conseguir por causa dos limites físicos, materiais, espessura, textura etc. da folha de papel. Mas se eu tivesse uma folha de papel muito mais fina, poderíamos chegar com nossa dobradura a um nível microscópico. E aí, colocando no microscópio, encontra-se a mesma coisa repetida, a mesma forma recorrente do retângulo. Teoricamente, posso chegar ao infinito interior e a forma do retângulo não terá mudado.

O que quero com isso? Pretendo demonstrar que existem propriedades geométricas, ou melhor, topográficas, que não seguem a geometria euclidiana. A superfície da folha de papel está sendo reduzida pela metade, mas a forma recorrentemente retangular permanece a cada movimento e a cada nível de redução. A dimensão euclidiana desse objeto sofre uma redução constante sempre a um fator de – 0,50.

A geometria é uma construção, ou uma invenção, muito útil para fazer casas, desenhos e brinquedos, porém, por mais perfeita e útil que seja, posso dizer o seguinte: a geometria é uma abstração. Não existe círculo perfeito, nem quadrado, nem triângulo. Nada existe que seja em absoluto rigorosamente exprimível pelas lindas e puras formas que preenchem a perfeição pitagórica. Agora, a geometria euclidiana tem uma grande vantagem relativa a outras geometrias possíveis. É que a maior parte das formas do mundo, na escala macroscópica de tempo e espaço em que sensorialmente nos orientamos, pode ser expressa com aproximação ótima pela geometria euclidiana. Entretanto, quando se avança em questões fundamentais de filosofia matemática, descobre-se que existem muitas propriedades de elementos concretos das formas reais do mundo que a geometria euclidiana não consegue conter. A principal dessas propriedades é chamada de “fractalidade”.<sup>12</sup>

Fractalidade quer dizer a persistência de padrões iterativos e recorrentes ao longo de todas as escalas. A propriedade de fractalidade não se define no mesmo registro de tamanho, dimensão, peso; comprehende padrões de formas auto-similares, mesmo em dimensões microscópicas ou submicroscópicas. Na geometria euclidiana, a demonstração dos teoremas sempre remete ao infi-

---

<sup>12</sup> Nas proposições que pretendem inaugurar um novo paradigma na ciência contemporânea, o conceito de “fractalidade” parece o mais fascinante e de maior utilidade para o desenvolvimento de modos alternativos de produção do conhecimento científico. O neologismo “fractal” foi cunhado por Mandelbrot (1982), do termo *fractus* do latim, para designar figuras recorrentes resultantes da infografia de padrões registrados por atratores estranhos desenhados por computador. Na verdade, delineia-se aí o desenvolvimento de uma nova geometria, baseada na persistência de formas, padrões e propriedades dos objetos nos diferentes níveis da sua estrutura hierárquica. Em contraposição à concepção convencional de infinito, elemento estruturante da geometria euclidiana clássica, a idéia de fractalidade repousa sobre o conceito de “infinito interior”. Nas palavras do próprio Mandelbrot (1994:123), as formas euclidianas se mostram inúteis para a modelagem do caos determinístico ou de sistemas irregulares. Estes fenômenos precisam de geometrias bem distantes de triângulos ou de círculos. Requerem estruturas não-euclidianas - em particular, uma nova geometria chamada geometria fractal.

nito, em que as paralelas se encontram, talvez mais um vetor, uma direção que, agora descobrimos, não é a única. Há várias direções possíveis, opostas ao infinito exterior, e um exemplo disso é a geometria fractal.

Será que eu posso perguntar qual é o perímetro desta sala de aulas? A gente mede dez metros aqui, tem quinze metros ali, quinze mais dez igual a vinte e cinco metros, nesta escala que podemos chamar de “macroscópica visual” ou, no popular, no “olhômetro”. Nossa estimativa de medida parece correta, mas, se em vez de medir no plano das paredes com qualquer trena macroscópica, decidirmos medir todas as reentrâncias e saliências que existem concretamente na parede? Certamente a medida do perímetro aumentará. Só para ilustrar este exemplo: passo uma fita métrica em cima dessa parede de tijolinhos à vista; tenho duas medidas aí – uma é resultado da trena completamente esticada sobre a superfície dos blocos e a outra vem da fita totalmente aderida às saliências dos tijolos e às reentrâncias do cimento entre os blocos. Isso mesmo considerando apenas o nível macroscópico grosso. Podemos, então, avaliar que os vinte e cinco, cinqüenta metros de perímetro serão multiplicados cada vez que se diminuir a escala do instrumento de medida ou aumentar a precisão do processo de mensuração.

Esse tema parece abstrato, mas alguém, em certo momento, se perguntou qual seria mesmo o perímetro da ilha da Inglaterra? A primeira questão nesta pergunta é a própria variação da superfície quando a medida se faz na maré baixa ou na maré alta, no verão ou no inverno, mas a segunda questão é a que nível de aproximação se aplica o instrumento de mensuração. Uma aproximação de satélite situa-se em um nível que podemos chamar de “megascópico”; um localizador GPS montado num dispositivo anfíbio móvel produz uma aproximação macroscópica; uma inspeção com lupas permite uma aproximação microscópica.

Estes exemplos de paredes e costas marítimas apontam para a constatação de um padrão encontrado em objetos físicos: em cada reentrância e saliência encontram-se reentrâncias e saliências, e

nestas mais reentrâncias e saliências, e assim por diante. Esta é uma ilustração da chamada dimensão fractal.

Vou dar agora um exemplo de estrutura fractal encontrada na natureza: Observando aquela árvore ali no jardim, notamos que sua copa se ramifica para criar um modo eqüitativo de disposição à luz solar, e os ramos fazem uma rede de distribuição otimizada, ao mesmo tempo viabilizando o contato da última ponta de folha, do último broto, com a raiz que extrai água do solo. Se olharmos bem para as árvores, podemos ver que desenvolveram, em sua evolução, formas muito eficientes de distribuir, para todos os órgãos de fotossíntese e respiração que chamamos de folhas, o acesso ao ar e à luz solar. As árvores também contam com redes capilares de circulação de seiva com formatos fractais, bem como soluções fractais de distribuição de raízes, também resultando em eficientíssimos mecanismos de captação de água e nutrientes do solo. Podemos dizer que as estruturas fractais que a evolução conseguiu nas árvores é um dos mais eficientes exemplos de arquitetura fisiológica na natureza.

Ah sim! Temos aqui outro poema sobre temas da ciência, nesse caso, os fractais. Trata-se de *Whorls*, de autoria de L. Fry Richardson, físico e poeta britânico:

Big whorls have little whorls, which feed on their  
velocity;  
And little whorls have lesser whorls,  
And so on to viscosity  
(in the molecular sense).

Traduzindo: “grandes redemoinhos têm pequenos redemoinhos que alimentam sua velocidade. E pequenos redemoinhos têm ainda menores redemoinhos. E assim até à viscosidade (no sentido molecular).”

De fato, os estudos de turbulências têm encontrado estruturas fractais em abundância, mas não só o estudo físico de turbulência, pois se observamos também uma cachoeira ou uma corredeira, vemos um redemoinho, mas um redemoinho provoca outro redemoinho, e se olhamos dentro deles, vemos que são formados por outros

redemoinhos. Então o que vemos na verdade é isto, fractais.

Também não vou ficar aqui para sempre desenhando redemoinhos em estados de turbulências, pois isso pode se tornar um perigoso sintoma obsessivo-compulsivo. Passamos a ver fractais em toda a parte. Eu estava observando um fractal no avião vindo para cá. Alguns aviões, quando estão descendo, baixam aqueles ailerons para aumentar a superfície das asas na aterrissagem. No canto da asa, e principalmente quando há alguma nebulosidade, produz-se uma organização no fluxo de vapor d'água. Na verdade, se observamos com cuidado, essa organização é mantida rigorosamente enquanto o avião continua descendo. As pontas das asas fazem pequenas volutas, e essas volutas criam outras microvolutas, que vão desaparecendo e ficam pequenos rastros que também somem... Mas se olhamos só para isso, foi o que fiz hoje, a impressão que dá não é de velocidade, e sim de parada ou fixidez total, pois a forma rigorosamente se repete, na medida em que o avião tem de manter relativamente constante a velocidade de descida. O que visualmente prevalece é um padrão fractal.

Para que servem os fractais? Ou melhor, para que servem os modelos fractais? A maior utilidade deles é, primeiro, entender muitas coisas que aparecem como problemas científicos. Por exemplo, um dos fractais considerado mais eficiente na natureza é a nossa circulação sanguínea; temos grandes vasos, que se dividem em grandes artérias, que se subdividem em artérias, depois em arteríolas, depois em arteríolas, em capilares arteriais, enfim microcapilares, de uma maneira tão engenhosa que poucos lugares do nosso corpo, como unhas, calos e cabelos, não têm acesso a nutrientes. Esta estrutura fractal se organiza de um modo

tão engenhoso que o próprio sistema de distribuição de nutrientes precisa ser nutrido, daí que as camadas externas de uma artéria têm um sistema capilar arterial que o nutre. Em termos euclidianos, não se pode entender, geometricamente é até mesmo difícil imaginar, essa forma ou estrutura, por isso precisamos recorrer ao referencial da fractalidade.

Em segundo lugar, a noção de fractalidade serve para a criação de objetos conceituais e, por extensão, embriões tecnológicos. Matematicamente, vários fractais já têm sido descritos. Um destes, eu acho particularmente interessante por sua simplicidade. É o seguinte: desenhamos uma linha, dividimos esta linha em três segmentos iguais e desprezamos o segmento do meio; fazemos esta mesma operação nos segmentos restantes, e assim sucessivamente. No final, se pudermos chegar perto do infinito do mundo interior e se tivermos instrumentos que sejam capazes de fazer estes mesmos desenhinhos ao nanonível, vamos ter a olho nu rigorosamente mantido o mesmo padrão que esteve lá repetido. Macroscopicamente, este fractal vai parecer uma poeirinha, cada vez mais tênue até desaparecer da visão. Quem criou este fractal foi o grande matemático Georg Cantor; por isso é chamado de Poeira de Cantor.<sup>13</sup>

Há um outro fractal que acho também muito interessante: se pegarmos um triângulo e, em cada um dos seus lados, desenharmos um outro triângulo da mesma forma dele, repetindo depois a operação, em cada um dos lados dos novos triangulinhos, vai se repetindo a mesma forma triangular, até onde pudermos enxergar. O resultado dessa redução fractal se chama objeto de Sjaminski, em honra ao matemático polonês que o criou. Se olharmos em um microscópio cada uma das linhas do objeto de Sjaminski, vamos descobrir

<sup>13</sup> No campo matemático, diversas representações da fractalidade têm sido produzidas e se tornado clássicas, como o floco de neve de Koch, o trançado de Sierpinski, a figura de Julia e o conjunto de Mandelbrot (Series, 1994). Diversos anunciantes do novo paradigma ressaltam a ocorrência de fractalidade no campo físico e no campo biológico, particularmente na geofísica e na botânica (Gleick, 1986). A própria configuração helicoidal do modelo quaternário do DNA constitui uma manifestação fractal no campo da genética, sendo a técnica de PCR (*polymerase chain reaction*) uma aplicação tecnológica do conceito de fractalidade com imediatas repercussões práticas (Mullis, 1990; Rabinow, 1996). Com as devidas ressalvas, uma variante da noção de fractalidade pode ser identificada na famosa questão local x global, que tem alimentado uma discussão de extrema atualidade nas ciências sociais contemporâneas (Hannerz, 1993).

que, dentro daquela linha, se reproduz rigorosamente o mesmo padrão do triângulo com triângulos da mesma forma nele aderidos. Este padrão

ou forma recorrente, auto-similar, repetido, chama-se unidade fractal.

Retomaremos o tema da fractalidade adiante, focalizando o assunto como uma das propriedades das redes complexas.

## 6 Complexidade e redes

Podemos agora avançar para abordar o tema das redes na teoria da complexidade. Está na moda hoje falar de redes; em toda a parte se escreve, se lê, se fala, se comenta o conceito de redes. Os dois últimos *best sellers* da literatura de divulgação científica nos EUA tratam do conceito de redes. Ambos são bem-escritos, informativos e têm títulos sugestivos. Por isso, recomendo sua leitura: um (Barabási, 2003) tem como título *Linked*, ou simplesmente “conectado”; o outro (Strogatz, 2003) é intitulado *Sync*, abreviatura em inglês para “sincronizado”.

Eu não vou ter tempo de entrar em detalhes sobre a diferença entre sistemas e redes, mas posso dizer algo. A principal diferença entre sistema e rede é que o sistema tem uma finalidade ou teleologia enquanto a rede é não-finalística. Existem, porém, outras diferenças importantes: a rede é fractal, e o sistema é dimensional; o sistema produz, e a rede capta ou captura; a rede permite a emergência, e o sistema é determinista; o sistema é composto por partes e subsistemas, e a rede por conexões e nodos. Enfim, estou querendo mostrar que, por exemplo, quando sabemos o que queremos produzir, quando temos uma idéia do

que fazer, o melhor é o modelo sistêmico, mas quando esperamos algo não-conhecido – quando não sabemos o que pode acontecer, ou seja, na emergência – a rede é mais eficiente.<sup>14</sup>

Estruturalmente, o sistema é um modelo composto por partes, mas que tem uma entrada ou *input* e uma saída ou *output*; a rede, por seu turno, não se compromete com esse tipo de organização orientada por finalidade.

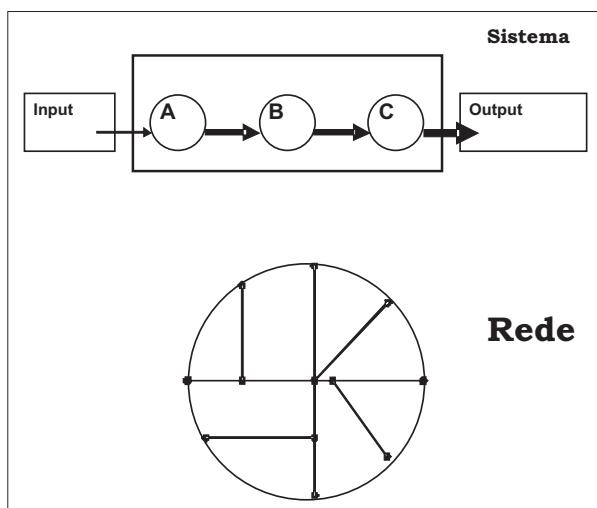


Figura 12: Sistemas vs. redes

<sup>14</sup> De fato, a noção central das abordagens sistêmicas era que a realidade podia ser representada por estruturas conceituais compostas de peças funcionais e fluxos fixos, com uma organização funcional determinada para convergir em um resultado previsto. Utilizando uma linguagem contemporânea, poderíamos dizer que a rede é uma modalidade restrita de sistema. Ou, ao contrário, a rede equivale a estruturas sistêmicas abertas em constante mudança, totalidades compostas por partes inter-relacionadas, elementos mutantes, conexões e parâmetros. As redes são entidades não-orientadas para um fim; as entradas (*inputs*) de uma rede podem usar qualquer um dos seus nós, e as saídas também. Os sistemas são determinísticos; as redes são emergentes. Quando sabemos o que queremos produzir (saída ou *output*), trata-se de um sistema; quando o que pode aparecer (emergência) é de alguma forma esperado, trata-se de uma rede. Em suma, o sistema produz, a rede apanha (ou melhor, a rede captura). O sistema é estruturado com um maior ou menor grau de hierarquia, enquanto a rede é geralmente horizontal, plástica e sensível às mudanças. Um sistema é composto de partes (ou subsistemas). Uma rede tem nós, conexões e *hubs*. Tanto os sistemas quanto as redes podem ser abertos ou fechados. As qualidades de aberto ou fechado, porém, têm diferentes significados para a Teoria de Sistemas e para a Teoria de Redes. Um sistema aberto recebe entradas de outros sistemas, no mesmo ou em outro nível hierárquico. Uma rede aberta tem nós ligados a outras redes, no mesmo ou em outro nível (não hierárquico). Em suma, podemos dizer que o sistema é linear, e a rede, fractal.

Vejamos no gráfico (figura 12): note-se que, em um sistema, todas e cada uma das suas relações encontram-se realmente orientadas na mesma direção. O sistema todo converge sobre esse elemento. Vou passar rápido por exemplos variados de redes.

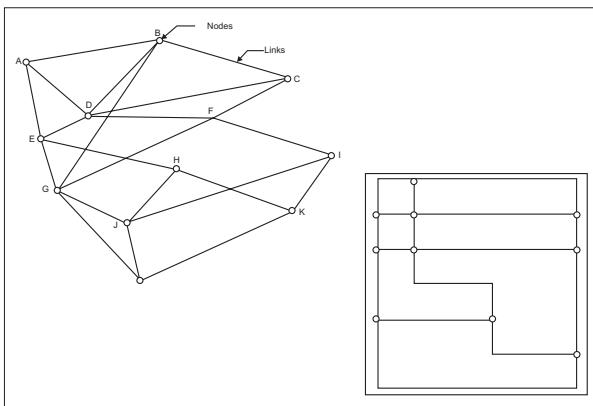


Figura 13: Rede multinível com projeção plana

Veja-se na figura 13 o exemplo de uma rede rebatida com uma representação de rede multiníveis projetada da outra. Quando simplificamos a representação, perdemos uma dimensão e não é mais possível entender o caráter multinível da matriz da rede.<sup>15</sup>

Podemos usar os modelos de redes de duas maneiras ou, melhor ainda, com duas finalidades. Uma implica extrair de observações uma estrutura de explicação, ou seja, criar um dispositivo explicativo. Nesse caso, representar sistemas com-

plexos com modelos de rede é muito eficiente. Mas, por outro lado, nós também podemos usar os modelos de rede como instrumentos de transformação da realidade.

Claro que as duas finalidades da estratégia de redes podem se articular em algum momento. Eu estava conversando com o professor Laurício, que me descreveu o projeto do Instituto Humanitas. Pareceu-me muito interessante essa idéia porque se trata de uma organização de pesquisadores e sujeitos interessados, construída com o formato de rede. Eu posso, como observador externo, sem saber que o Instituto Humanitas foi, desde o princípio, planejado com uma arquitetura de redes, estudá-lo para avaliar e analisar sua estrutura e chegar à conclusão de que se trata de uma rede, com tais e quais características e propriedades, ficando claro que foi construído para isso, que houve uma intenção histórica nesse processo.

A teoria das redes é um capítulo forte da matemática e da física, que é denominada de “teoria dos grafos”.<sup>16</sup> Há muitas histórias interessantes sobre a pesquisa e os pesquisadores do tema das redes virtuais que não terei tempo de contar. Mais adiante demonstro como essa discussão converge para a questão da fractalidade.

As redes têm sido classificadas como redes virtuais e redes reais. As redes virtuais têm duas modalidades: redes randômicas e redes conceituais. Redes randômicas servem como um padrão e são construídas respeitando-se parâmetros aleatórios puros.

<sup>15</sup> As redes podem ser construídas de estruturas similares com elementos de qualquer natureza, e obedecem a leis de crescimento equivalentes (ou comparáveis). Isso inclui moléculas, células, malhas neurais, sistemas de comunicação, ligações de *web*, seres humanos, instituições e organizações. Com uma aplicação tão abrangente, a teoria de redes tem transcendido abertamente as chamadas “ciências exatas”. A pesquisa sobre redes encontra-se, hoje, no cruzamento de muitas áreas, incluindo a matemática, a física, a biologia, a informática, a engenharia, a pesquisa de operações, a epidemiologia, as ciências sociais, a administração e as ciências políticas. Ela é composta de muitos temas, que podem ser classificados em pelo menos cinco categorias: a teoria matemática, o desenvolvimento de software, redes ecológicas, abordagens de redes sociais e a teoria de redes organizacionais.

<sup>16</sup> A Teoria das Redes merece um aprofundamento, ainda que de modo resumido. Nas ciências físicas, os sistemas e as redes são concebidos como informações organizadas na forma de padrões topológicos distintos. Na linguagem topológica, a rede chama-se gráfico, os nós são vértices e as ligações são lados. O estudo da topologia dos gráficos tem atraído muito interesse na mecânica estatística de redes complexas. Albert & Barabási (2002), Newman (2003), Strogatz (2003) e Barabási (2003) oferecem resumos excelentes desta florescente literatura sobre a topologia das redes.

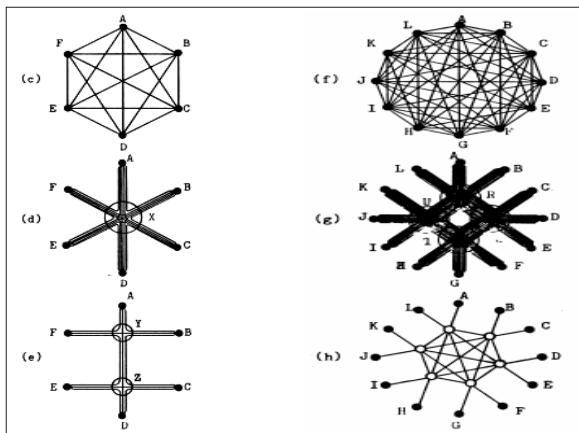


Figura 14: Exemplos de redes aleatórias e conceituais

Por exemplo (figura 14), posso dar a qualquer ponto de um conjunto de elementos da rede a mesma chance de se conectarem entre si. Por algum sorteio ou outro processo estocástico, seleciono conexões e crio uma rede que tem os pontos A, B, C, D, E, F, todos aleatoriamente conectados, realizando todas as conexões possíveis regidas pelo acaso. Trata-se aqui de uma expressão estrutural das redes randômicas, posto que podemos definir tais conexões por meio de padrões aleatórios puros a ponto de deixar a rede totalmente saturada, na sua expressão estrutural máxima. Também posso montá-la com critérios propositivos ou restritivos e operacionalizar suas conexões, definindo, por exemplo, que não é possível ter uma conexão do ponto C ao ponto F. Para se fazer isso, a rede tem de ser montada de outra forma, não mais usando padrões aleatórios de definição de conexões, e sim mediante escolhas arbitrárias intencionais baseadas em conceitos formais ou teóricos. Trata-se aqui de redes conceituais em seu sentido estrito.

Redes reais são aquelas encontradas na natureza, na sociedade ou construídas como obra humana, fazendo parte de algum projeto tecnológico. Uma coisa interessante é que a matemática inicia sua entrada no paradigma da complexidade com a teoria dos grafos, baseada em redes randômicas. Daí deriva um trabalho de investigação e explora-

ção que começa por avaliar se as redes randômicas de fato existem e operam em outros campos de conhecimento, na tecnologia, na linguagem, nas sociedades, nas organizações; aí começam a descobrir coisas interessantes, propriedades que existem nas redes reais e que, nas formalizações teóricas, não estavam sendo consideradas.

Vou passar agora rapidamente um glossário dos conceitos básicos da teoria das redes – redes, vértices, laços, grupos, plexos etc. – só para se tomar conhecimento antes de entrarmos no tema seguinte, propriedades das redes, que certamente vai ser interessante para nossa discussão.

- Rede = *grafo*
- Nodo = *vertex*
- Laço = *link*
- Grupo = *cluster*
- Plexo = *hub*
- Hospedeiro = *host*
- Atuante = *actant*

As propriedades principais dos nodos (ou vértices) são: (a) centralidade, (b) grau e (c) identidade. A centralidade diz respeito à posição no gráfico ou à localização em relação a um determinado ponto central (se o gráfico tiver tal ponto). O grau de um vértice é igual ao número de lados gerados a partir do vértice. O grau mede a conectividade. A identidade de um vértice diz respeito à sua natureza, classe, tipo e, eventualmente, singularidade. As principais propriedades dos vértices são: (a) força, (b) distância, (c) direcionalidade e (d) transitividade. A força significa a consistência, a estabilidade ou a confiabilidade do laço. A distância é uma função da centralidade relativa dos vértices conectados pelo laço. A direcionalidade diz respeito ao sentido do fluxo de informação. A transitividade é o volume ou densidade do fluxo de informação. As redes têm propriedades que vão além da simples soma das propriedades dos seus componentes: nível (*levelness*), agrupamento (*clustering*), buscabilidade (*searchability*), navegabilidade, “mundo-pequenidade” e fractalidade.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> A buscabilidade (*searchability*), o agrupamento (*clustering*) e a navegabilidade (*navigability*) são propriedades fundamentais de gráficos de informação, essenciais para se entender a dinâmica das redes de dados em geral. O nível (*levelness*), o agrupamento (*clustering*), a qualidade de mundo pequeno (*smallworldness*) e a fractalidade são as propriedades mais úteis para entender os casos especiais de gráficos cognitivos e redes sociais.

Nas ciências sociais (que incluem as ciências da administração), as análises de sistemas e redes vêm adquirindo uma posição de destaque, baseadas em vários aspectos da pesquisa contemporânea. Existe uma grande quantidade de pesquisas de análise de redes sociais sobre como se formam os vínculos entre dois atores e quais são as consequências de ter uma determinada posição numa rede (GULATI; GARGIULO, 1998). A terminologia é um pouco diferente: nós/vértices são atores e ligações/laços são vínculos. A maioria das

pesquisas de redes sociais tem utilizado uma perspectiva individual, perdendo, assim, a oportunidade de esclarecer a estrutura da ação coletiva. Embora um certo progresso tenha sido feito ao analisar a dinâmica das diádicas, pouca atenção tem sido dada à criação e à evolução de redes interinas. De fato, o estudo da macrodinâmica das redes deveria ser fundamental para o entendimento de como as estruturas e os sistemas sociais evoluem e interagem para constituir campos sociais.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Um campo social pode ser definido como “uma rede, ou uma configuração, de relações entre posições [sociais]”. Os campos emergem quando mudanças sociais, tecnológicas ou econômicas exercem pressão sobre as relações existentes, reconfigurando modelos de ação e estruturas sociais. De particular interesse, neste caso, é a noção de campo organizacional. Um campo organizacional é uma comunidade de organizações envolvidas em atividades comuns e sujeitas a pressões regulamentares similares. Apesar do foco relacional sobre como os diferentes atores e organizações constituem um território reconhecido de atividade social e econômica, os estudos dos campos organizacionais não têm analisado as interações de redes múltiplas e justapostas ou a reprodução regulada de ligações de rede através do tempo.

Nas redes sociais individuais, vínculos fortes são aqueles que contêm alto investimento de tempo e afeto. A contrapartida nas redes organizacionais devem ser parcerias constantes de cooperação entre instituições ou organizações. Vínculos mais fracos, que ligam um nó a outros nós ou a recursos localizados em outros agrupamentos da rede ou disponíveis através deles, são mais numerosos. Tipicamente, as redes sociais sofrem das limitações e redundâncias dos agrupamentos locais, e contêm alguns vínculos que são muito mais fortes do que outros, mas podem manter as propriedades da rede mesmo com uma fração relativamente pequena de vínculos que abrangem os grupos maiores. Caminhos com vínculos mais fortes, nessas redes, contudo, podem dar acesso a alguns tipos de recursos não-acessíveis através de vínculos mais fracos e, portanto, apresentam um conjunto particular de problemas de naveabilidade. As redes com vínculos fortes impõem restrições no número de ligações que um nó individual pode ter: definindo vagamente, eles ocupam uma grande parte do tempo e da energia disponíveis na rede. Entretanto, para viabilizar a naveabilidade elas precisam não apenas de identidades sociais, mas de uma rede construída com uma graduação decrescente nas proximidades definidas pelas semelhanças nas identidades.

A introdução de dimensões sociais múltiplas leva a um resultado muito mais consistente: as redes são passíveis de procura por um grande número de parâmetros, que são muito diferentes que qualquer condição específica. Ter múltiplos níveis torna-se, assim, uma propriedade importante de gráficos realistas, como redes de conhecimento ou redes sociais. Os vínculos fortes tendem a ser mais transitivos, como o são, também, os vínculos dentro de um mesmo clique, os quais têm uma maior probabilidade de receber as mesmas informações, e menor probabilidade de receber novas informações, vindas de partes distantes da rede. Ao contrário, as pontes entre os agrupamentos na rede tendem a ser vínculos fracos, e os vínculos fracos tendem a ser menos transitivos. Portanto, os nós com vínculos que funcionam como pontes na rede têm uma importância estratégica. Tanto nas redes virtuais quanto nas reais, tais nós tendem a se diferenciar com o tempo, tornando-se *hubs* ou *routers*. Assim, eles atraem mais ligações, encurtando radicalmente a distância entre pontos finais arbitrários ou alvos da rede.

Outrossim, o grau de semelhança dos nós (atuantes) e sua centralidade no gráfico podem estimular a formação de grupos definidos pela sua posição ou identidade. A formação de grupos pode melhorar as propriedades funcionais do gráfico, sobretudo aquelas que têm a ver com a naveabilidade e a buscabilidade. Os agrupamentos no gráfico formam redes quase independentes, definidas pela sua identidade, a qual é representada por diferentes formas de vértices. Os grupos são interligados por ligações dedicadas que funcionam como *hubs*. De forma geral, os vínculos recíprocos podem, também, tender a ser mais transitivos do que os não-recíprocos, formando, assim, *hubs*. Os *hubs* podem oferecer naveabilidade de um ponto de vista global, sendo a Internet um exemplo comum disso. Quando localizados na região central da malha, os *hubs* podem, também, dar à rede mais buscabilidade e naveabilidade. Entretanto, mesmo considerando nós ou indivíduos com um número de conexões extraordinariamente grande, os *hubs* são menos freqüentes nas redes sociais com fortes restrições. A teoria de redes pode nos ensinar como alguns destes *hubs* podem ter um maior desempenho do que outros. Existem leis gerais bastante exatas que regulam a produção e a evolução de *hubs* em tipos específicos de redes. Mas, nas redes sociais e de conhecimento, os *hubs* são pessoas ou grupos organizados de pessoas ou instituições, com uma vocação e uma forte propensão para conectar outras pessoas e organizações.

Quando pesquisadores começaram a explorar redes reais encontraram no capítulo das redes sociais algo intrigante que permitiu identificar uma propriedade das redes que proponho chamar de “mundo-pequenidade”. É uma tradução livre do termo em inglês *smallworldness*, que significa a propriedade das redes de criar atalhos ou formas de encurtar distâncias entre vértices da sua malha, tornando assim o “mundo pequeno”. A história da descoberta dessa propriedade é interessante.

Em 1967, um sociólogo chamado Stanley Milgram resolveu testar como hipótese aquela quase mitologia de que “esse é um mundo pequeno”, onde as pessoas se conectam umas às outras de modos mais intensos e variados do que estamos acostumados a reconhecer. O experimento de Milgram (1967) foi simples e elegante: algumas pessoas selecionadas em Kansas e Nebraska receberam envelopes destinados (mas não endereçados) para uma única pessoa em Boston, com a seguinte regra: a carta deve ser enviada para alguém do seu ciclo de conhecimento que você acha que terá alguma aproximação com esse endereço. Descobriu-se o seguinte: a maioria das cartas chegou ao endereço certo, num tempo muito curto. Algumas cartas chegaram com apenas três etapas, outras chegaram com nove, nenhuma ultrapassou dezoito etapas e a média foi de seis etapas. Milgram formulou então a “teoria dos seis graus de separação”, que ficou em evidência num certo período. Dela fizeram até uma peça de teatro.

Depois, dois estudantes de matemática e computação aplicaram a teoria dos seis graus de separação ao registro de atores e filmes de Hollywood e criaram um jogo de salão, praticamente desconhecido aqui no Brasil, mas que, nos EUA, é meio moda nas universidades: é o chamado jogo de Kevin Bacon.<sup>19</sup> Trata-se de uma espécie de adivinhação, baseada na demonstração matemática de que 90% de todos os atores da história do cinema relacionam-se com Kevin com menos de seis graus de separação. O jogo é o seguinte: os

concorrentes têm que dizer, pelo seu conhecimento de cinema, quem trabalhou com quem, em que película. Ganha o jogo quem apresentar exemplos com menor grau de separação de Kevin Bacon. Assim, Elizabeth Taylor nunca trabalhou diretamente com Kevin, mas contracenou com um comediante num filme, que trabalhou com outro e esse outro foi parceiro de Kevin no filme tal. A figura de Kevin Bacon não é importante, mas apenas central, trata-se tão-somente de um ator escolhido ao acaso; os que inventaram o jogo fizeram uma demonstração matemática de que não importa quem tenha sido escolhido. Seja esse ou outro ator, nessa rede de relações profissionais ninguém está distanciado do outro por mais de doze graus de separação, e a média continua em menos de seis graus.

Quando, já na década de 1990, teóricos da complexidade começavam a construir a teoria das redes, avançando na formulação matemática das regras de conexão características de redes randômicas, descobriram que os antigos estudos de Milgram eram de suma importância para compreender aquele problema. Neste momento, confirmado o que Morin denominava de conexão hologramática na sociedade contemporânea, Duncan Watts (1999), Albert Barabási (2003) e outros consideram o “mundo-pequenidade” como a base para toda a teoria dos grafos. Manifestada, reconhecida e estudada inicialmente em redes sociais, esta propriedade vem sendo matematicamente demonstrada como definidora de redes teóricas que se constituem entre o determinístico e o aleatório.

Pesquisadores começaram a investigar outras redes reais além das redes sociais e descobriram na arquitetura dessas redes propriedades do mundo-pequenidade, mantendo os sistemas inteiros conectados contra todas as chances de queda e de ruptura. Por exemplo, pensando no grau de complexidade necessário para a rede de distribuição de energia elétrica em territórios extensos ou populosos, é impressionante observar como não há

<sup>19</sup> Os então estudantes chamam-se Glen Warren e Brett Tjaden, da Universidade de Virginia. O jogo intitula-se *The Oracle of Bacon* e pode ser encontrado em <http://www.cs.virginia.edu/oracle>

mais apagões em países como o nosso. Aliás, as características das redes reais de distribuição de energia elétrica começaram a ser estudadas, quando alguns *blackouts* atingiram regiões inteiras dos EUA.

Quando eu viajo para eventos como este colóquio, não perco a chance de ficar observando as coisas. Se olharmos o imenso conjunto de fatores e variáveis necessárias para fazer funcionar um aeroporto, colocar as pessoas naquele lugar exato prontas para entrar num aparelho, naquele momento mais ou menos preciso, com tudo certo (e algumas coisas erradas também, por isso atrasam os vôos). É necessário planejar e operar uma complexa cadeia de conexões para que a rede de eventos tenha funcionalidade; é preciso investigar o que continuamente garante os efeitos, com manutenções preventivas não somente das máquinas, mas também dos sistemas logísticos.

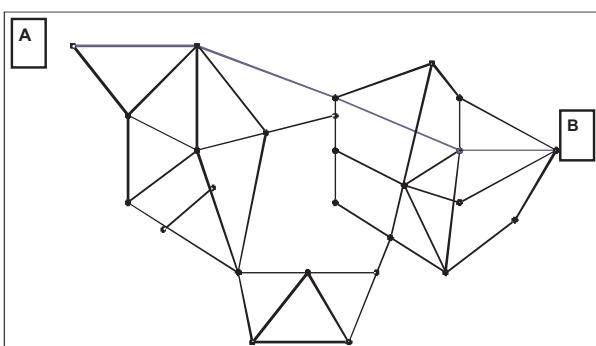


Figura 15: Propriedades de Redes: – Mundo-pequenidade”

Vou concluir este tema com uma ilustração gráfica (figura 15) do conceito de mundo-pequenidate. Trata-se dos atalhos em uma certa rede real, onde existem quatro graus de separação entre A e B. Se forem seguidos os agrupamentos ou clusters organizados pela rede, a distância A-B aumenta. Os atalhos constituem formas eficientes e não-organizadas de chegar à finalidade ou ao destino. O mundo-pequenidate implica construção de conexões que permitem atalhos sem critérios fixos de planejamento. Atalhos como “mundo-pequeno” apresentam propriedades e obedecem a regras que os tornam capazes de cumprir

certas funções do sistema que se pensava ser possível apenas de um modo racional e planejado. Com o estudo do “mundo-pequeno” das redes reais está se demonstrando que a eficiência das formas racionais não é muito diferente dessas novas formas de organização que parecem ser, digamos, quase-aleatórias, mas que, na verdade, correspondem a formas totalmente novas baseadas na fractalidade em sua estrutura e no mundo-pequenidate para sua operação eficiente.

Os pesquisadores que continuam explorando essa via concluem que existe uma forma de ordem nem determinística nem randômica e que a melhor explicação para a eficácia dessa forma de organização se baseia na fractalidade e no mundo-pequenidate dessa modalidade de redes reais. Isso já tem sido investigado na Internet cuja estrutura, aliás, nesse ponto de vista, é fantástica e inusitada, pois não obedece a modos conhecidos de planejamento e organização. A Internet vem sendo montada de um modo que se pensava como aleatório, mas que agora se descobre que não é nem aleatório nem planejado, e sim baseado no mundo-pequenidate.

Estou preocupado em dar um exemplo de estrutura fractal de rede, vamos ver no gráfico seguinte.

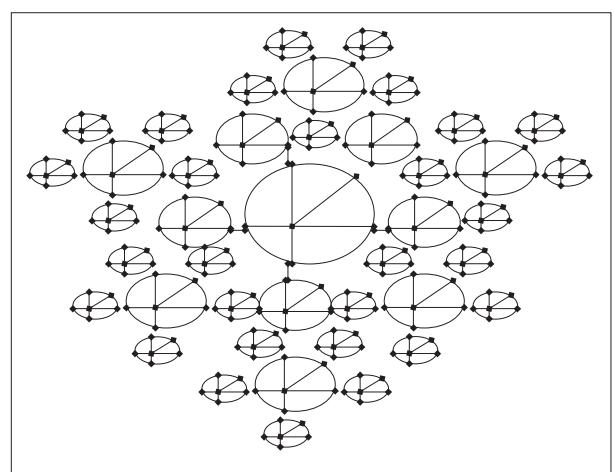


Figura 16: Estrutura de Rede Fractal

Observe-se a figura 16. Essa forma pode representar uma unidade fractal de rede que, a cada ponto dessa forma, ao ser desdobrado e ampliado, revela a mesma forma.

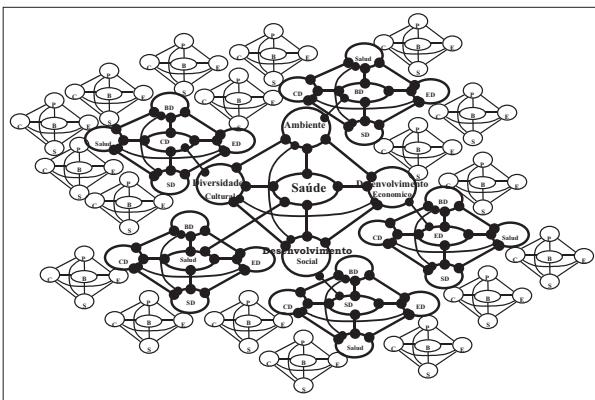


Figura 17: Estrutura de rede fractal da saúde

Tomemos agora como exemplo (figura 17) a noção de saúde como efeito de um conjunto de cinco elementos, são eles: a promoção da saúde, o meio ambiente, o desenvolvimento social, o de-

senvolvimento econômico e a diversidade cultural. Posso propor que cada elemento reproduz um padrão geral de arquitetura fractal. Note-se que o elemento desenvolvimento econômico tem aqui uma estrutura fractal, em que se articulam saúde, meio ambiente, desenvolvimento social e diversidade cultural. Ou ainda o elemento meio ambiente, que vai revelar uma outra faceta da mesma interação, com uma estrutura fractal na qual se articulam saúde, desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e diversidade cultural. E cada um deles, assim por diante.<sup>20</sup>

É interessante agora avaliar e considerar aplicações do paradigma da complexidade e de teoria das redes como exploração de um modo, digamos, diferente do tudo o que se tem tentado até o momento no sentido de modelar o objeto saúde/doença.

<sup>20</sup> São raros os usos da abordagem fractal na área da saúde de um modo geral. Em uma das poucas exceções, Lipsitz & Goldberger (1992) analisaram o processo de envelhecimento como uma perda da “complexidade” do organismo, resultando em um aumento da fractalidade pela senescênci. No campo da saúde coletiva, apesar das evidentes aplicações potenciais da noção de fractalidade, infelizmente não encontrei qualquer exemplo de modelagem dos problemas desse campo, baseada em alguma forma de análise fractal, exceto mais uma vez no estudo das epidemias de doenças transmissíveis, como a proposta de modelagem espacial de ondas epidêmicas apresentada por Durrett (1995).

Temos alguns exemplos de propostas teóricas, que supõem a anunciação de novos paradigmas na área da saúde coletiva, inspiradas na idéia de fractalidade. A proposta dos “modelos ecosociais” de Krieger (1994) funda-se essencialmente na aplicação de uma perspectiva fractal ao processo de construção do objeto da saúde coletiva, em que o elemento de fractalidade seria a interpenetração entre o biológico e o social, repetida em todos os níveis, do subcelular ao societal. Infelizmente, a autora não apresenta exemplos ou tentativas de aplicação, pouco avançando além da formulação preliminar desta atraente proposição, conscientemente postulada como uma metáfora teórica. Vejo também a proposta de Susser & Susser (1996) de um “paradigma das caixas chinesas” para a epidemiologia do futuro como uma tentativa de expressão da fractalidade dos sistemas complexos da saúde-doença, apesar dos autores, fazendo referência apenas *en passant* aos distintos graus de complexidade hierárquica dos sistemas, nada mencionarem da teoria dos fractais.

Não obstante a carência de aplicações concretas da noção de fractalidade na saúde coletiva, evidencia-se a sua utilidade potencial especialmente na área de treinamento de recursos humanos, em busca de maior eficiência em um contexto de reduzidos recursos humanos e materiais (por meio de estratégias de capacitação por multiplicação, por exemplo). Além disso, as novas propostas de vigilância à saúde através de áreas e eventos sentinelas (Castellanos, 1990; Samaja, 1994, Levy, 1996) descortinam uma lógica inversa à noção de representatividade estatística, postulando estratégias de amostragem por tipos selecionados (Desrosiers, 1988), que também empregam uma lógica fractal para justificar a importante noção acessória de “representatividade fraca”.

## 7 Morin, complexidade e saúde-doença

O que recapitulamos até agora da teoria da complexidade, nos seus principais elementos de não-linearidade, sistemas dinâmicos, borrosidade, fractalidade e teoria das redes, permite a construção de modelos que dão conta de aspectos parciais do problema, do processo ou dos fenômenos da saúde-doença. A questão crucial é que nenhuma dessas abordagens parciais, considerando a insuficiência de cada uma delas isoladamente, responde à necessidade de uma síntese. Eu acredito que este é o desafio do momento: o ponto crucial que esperamos talvez superar com auxílio de mais uma importante contribuição de Edgar Morin, ou seja, sua teoria do pensamento complexo<sup>21</sup>.

Podemos começar com esta citação do mais recente livro de Morin (2000), que é uma síntese de sua experiência de vida, não somente da etapa mais metodológica e conceitual, mas também da sua fase ético-político-filosófica recente: “Necessitamos conceber a insustentável complexidade do mundo, pois é preciso considerar a um só tempo a unidade e a diversidade dos processos planetários, suas complementaridades e os seus antagonismos”.

Onde Morin escreveu “processos planetários”, eu proponho ler “processos de saúde”. Penso que, com isso, podemos apreender o seguinte: a estratégia metodológica, capaz de explanar a complexidade dos fenômenos de saúde, não se resume a

olhares múltiplos, coabitando ou coexistindo um certo campo científico, mas é preciso descobrir a unidade nessa imensa diversidade complexa de objetos, mirantes e olhares.

Não é difícil demonstrar que um mesmo objeto pode ser visto em diferentes ângulos, mas isso não necessariamente contribui para o conhecimento mais completo e profundo desse objeto. Como exemplo, eu destaco uma cadeira. Podemos ter o discurso do economista sobre a cadeira, com base nos processos econômicos que produzem este objeto; um ergonomista pode avaliá-la do ponto de vista do conforto; um *designer* falará sobre sua estética e funcionalidade; o discurso de um antropólogo sobre objetos que, nas diferentes culturas, servem para sentar – e que aqui chamamos de cadeira – será certamente muito diferente dos anteriores; historiadores poderão discorrer sobre aqueles lindos móveis que estavam nas tumbas dos faraós. Enfim, cada um desses discursos terá um rigor próprio e pode ter uma função, uma finalidade, uma especialidade, porém o conhecimento mais integral, mais sintético sobre a cadeira não será a simples soma ou justaposição dos vários discursos sobre este objeto tão importante. Algo maior do que a mera soma dessas formulações tem que ser construído a fim de viabilizar o entendimento dessa unidade na diversidade, o que envolve também os antagonismos cabíveis nesse discurso.

<sup>21</sup> Para explicar a articulação entre complexidade e transdisciplinaridade, Edgar Morin (1990) propôs a expressão neutra “pensamento complexo”. Isso significaria uma referência à capacidade do pensamento complexo de lidar com a incerteza e a possibilidade de auto-organização, além da sua dependência da noção de “unidade do conhecimento”. Porém é nessa “utopia da síntese”, que podemos avaliar criticamente a proposta de Morin, sob três aspectos. Em primeiro lugar, o abstracionismo de Morin, apesar de expressar um pensamento criativo, fascinante e sedutor, afasta-se do rigor epistemológico necessário aos embates pela consolidação de novas formas de prática científica. Em segundo lugar, sua definição quase estruturalista de transdisciplinaridade, com ênfase em disciplinas, superposições, interstícios e espaços vazios, perde a oportunidade de considerar o caráter transitivo, praxiológico e “des ancorado” daquele conceito. Em terceiro lugar, seu tratamento das relações entre transdisciplinaridade e complexidade, propondo uma duvidosa equivalência de nível simultânea a uma especificidade teórica, resulta em hierarquização e discriminação dos espaços de aplicação dos conceitos.

Um dos grandes problemas na área da saúde é que alguns dos seus subcampos tomam modelos causais como se fosse esta a única maneira de definir o objeto saúde-doença. Para além dos modelos causais típicos do paradigma da simplicidade, como vimos antes, temos modelos estruturais, modelos sistêmicos, modelos borrosos e precisamos avançar na direção de modelos sintéticos, no sentido cultivado por Edgar Morin. Cada um desses modelos se refere a um tema ou faceta específica de algo que não pode ser separado de um todo articulado, por isso arrisco a dizer que o ob-

jeto saúde-doença é simultaneamente estrutural, sistêmico, prototípico, causal e probabilístico.

Muitos defendem que saúde é o oposto da doença, ou que saúde é ausência de doença, mas isso não é tão simples assim. É fácil dizer que saúde é ausência de doença. Difícil é fazer sentido com essa afirmação. Até hoje fico intrigado com os exercícios de lógica que muitos fizeram e continuam fazendo, buscando desenvolver e justificar uma concepção de saúde como oposto de doença. Isso não tem qualquer sentido lógico nem empírico porque sequer corresponde à mera observação<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> O problema do conceito positivo de saúde é bastante complexo e merece maior elaboração. Pelos argumentos que desenvolvi em *A Ciência da Saúde* (Almeida Filho, 2000) e que passo a expor, considero que não há qualquer base lógica para uma definição negativa da saúde, tanto no âmbito individual quanto no coletivo, mesmo em suas versões aparentemente mais avançadas e completas. Com vistas a uma formalização preliminar da saúde individual, consideremos as seguintes proposições:

- (a) "Nem todos os sujeitos sadios acham-se isentos de doença."
- (b) "Nem todos os isentos de doença são sadios."

Isso implica que indivíduos funcionais produtivos podem ser portadores de doenças, mostrando-se, muitas vezes, profusamente sintomáticos ou portadores de seqüelas e incapacidades parciais. Consideremos ainda que outros apresentam comprometimentos, incapacitações, limitações e sofrimento sem qualquer evidência clínica de doença. Além da mera presença ou ausência de patologia ou lesão, precisamos ainda incluir o grau de severidade das doenças e complicações resultantes, com repercussões sobre a qualidade de vida dos sujeitos. Sob uma perspectiva rigorosamente clínica, a saúde não é o oposto lógico da doença e, por isso, não pode, de modo algum, ser definida como "ausência de doença". Como corolário, tem-se que os estados individuais de saúde não são excludentes *vis à vis* à ocorrência de doença.

No âmbito epidemiológico, é bastante conhecido o processo de *clustering* de riscos em certos sujeitos e grupos populacionais, quando a presença de certa patologia aumenta a probabilidade de ocorrência de outras doenças no grupo suscetível. Partamos do princípio de que a saúde pode ser tomada como um atributo individual e, como tal, vulnerável a processos de mensuração. Seria necessário, então, identificar os elementos constitutivos e daí os sinais e sintomas da "síndrome saúde", a fim de verificar a presença, ausência, nível ou grau de pertinência dos indivíduos perante um construto empírico definido de modo sistemático e estável. Trata-se evidentemente de uma proposta de tratamento simétrico do problema geral da identificação de casos de doença na pesquisa epidemiológica convencional, com a ressalva de que os sinais e sintomas de "saúde" não podem, nesse caso, expressar mera ausência de doença.

Conforme tive a pretensão de analisar em *A Clínica e a Epidemiologia* (Almeida Filho, 1992) o aporte clínico contribui para a abordagem epidemiológica com critérios e operações de identificação de caso, determinando quem é e quem não é portador de certa patologia ou espécime de uma condição, na amostra ou na população estudada. Há relativo consenso em relação à centralidade da noção de "doença" para o discurso científico e prático da clínica. Ora, se a clínica se desenvolve como saber justificado pela noção de patologia, incapaz de reconhecer positivamente a presença ou ocorrência da saúde nos sujeitos individuais, pouco poderá fazer para colaborar com o velho projeto de constituição de uma "epidemiologia da saúde". Dessa maneira, o fracasso da clínica em subsidiar medidas positivas de saúde individual, em princípio, inviabilizaria a definição da heterogeneidade primária do subconjunto [sadios], imprescindível para qualquer abordagem epidemiológica da saúde coletiva, caso definida de modo rigoroso.

Individualmente, portanto, a saúde não é um análogo inverso da doença. Se, para cada doença, observa-se um modo prototípico de adoecer (cujo reconhecimento implica uma semiologia clínica), há infinitos modos de vida com saúde, tantos quantos seres sadios. Além disso, ainda está por se estabelecer a validade conceitual dos construtos tomados como *proxy* da saúde. A persistir tal lacuna, a investigação do desempenho operacional dos instrumentos correspondentes sempre encontrará dificuldades metodológicas sérias, principalmente em relação ao desenho de estudos de validade. Coletivamente, com menos propriedade ainda é que se pode falar em uma definição negativa de saúde. Podemos declarar (com algum esforço retórico) que certo indivíduo é sadio porque nele não encontramos sinais de doença ou que um tipo de comportamento é saudável na medida em que não se constitui em fator de risco para alguma enfermidade. Como primeira aproxi-

Eu posso fazer uma enquete numa sala, com uma demonstração muito singela de que, primeiro, todos os presentes têm saúde, e que, contrariamente, todos estão doentes. Estão todos atentos e ativos, com distintos níveis de funcionamento biológico e social, o que me autoriza a dizer que estão todos sadios. Ao mesmo tempo, não tenho dúvidas de que todos têm algum processo patológico em curso. Basta aplicar a cada um dos presentes o arsenal diagnóstico disponível em qualquer clínica geral ou especializada no sentido de identificar doença, para encontrarmos lesões articulares, dores lombares, sinusites crônicas, micoses, cáries dentárias, só para começar... Caetano Veloso, grande filósofo baiano que a todos engana se dizendo apenas compositor, cantor, cineasta e escritor, disse nesse rock maravilhoso intitulado *Vaca Profana* que, “de perto, ninguém é normal”. Mas isso não é um mero paradoxo. De fato, saúde e doença não são, de modo algum, estados excluídores. Temos forças da vida e forças da desordem em curso, vetores que não fazem parte do mesmo registro biológico ou psicológico, mas

que atuam como se, ao mesmo tempo, um estivesse antagonizando e complementando o outro.

Para nos ajudar a superar a dúvida de se a diáde saúde-doença deve ou não se inscrever no registro de uma disjunção ou antagonismo, Morin contribui com duas importantes propostas: a noção de integralidade do conhecimento e o conceito de transdisciplinaridade. Por integralidade do conhecimento compreendemos a idéia de Morin de que, no paradigma da complexidade, não é possível existir conhecimento absoluto e isolado, porque o pensamento complexo é, por definição, relativo e contextual. Mais ainda, o conhecimento científico é integral e uno e, mesmo assim, permite uma multiplicidade de conhecimentos parciais e fragmentários. Portanto, o pensamento complexo implica unidade com multiplicidade e unidade na diversidade.

O objeto saúde/doença só pode ser entendido pela consideração plena e integral da sua multiplicidade. Podemos admitir uma autonomia ontológica entre os conceitos de saúde e de doença capaz de defini-los como diversos e unos, ao mesmo tempo parte de um todo conceitual. Como articular tudo isso, eis a questão, eis o grande de-

---

mação, propus que o máximo de formalização que a ciência epidemiológica tem alcançado consiste em definir saúde como atributo do grupo de não-doentes, entre os expostos e os não-expostos a fatores de risco, em uma população definida. Na prática, a maioria dos manuais epidemiológicos é até bem menos útil, chegando-se a definir a saúde diretamente como “ausência de doença”. Na mesma medida em que o contingente de acometidos por uma patologia constitui o subconjunto populacional de referência para o cálculo do risco, a “saúde epidemiológica” implicaria, por conseguinte, meramente o contradomínio desse subconjunto:

$$\text{Saúde} = (1 - \text{Risco})$$

Não obstante as evidências em favor da complexidade das situações de saúde, os estudos epidemiológicos normalmente cobrem doenças específicas, buscando levantar o perfil sociodemográfico dos expostos e dos doentes de uma patologia mais do que propriamente descrever o “perfil patológico” (repertório de doenças e de condições relacionadas à saúde) de um grupo social. A soma de todos os casos de todas as doenças aparentemente não interessa muito à investigação epidemiológica. É quase irônico constatar que somente nesse caso seria possível visualizar uma definição negativa de saúde verdadeira (porém trivial), da seguinte maneira:

$$\text{Saúde} = (1 - \Sigma \text{Riscos})$$

Para a estimativa de indicadores coletivos de saúde, no sentido positivo do construto, será imperativo superar uma limitação primordial da abordagem epidemiológica, originalmente restrita à avaliação dos riscos de doença ou de agravos. Assim, deve-se aperfeiçoar a sua capacidade de estimar medidas diretas do grau de saúde ou de mensurar saúde indiretamente como um análogo do tipo “morbidade negativa”. Estamos falando aqui de criar metodologias e tecnologias capazes de avaliar positivamente os níveis de salubridade em uma população.

safio. E para tratar desta questão e superar este desafio, propus há algum tempo o conceito de “integrais de saúde-enfermidade”.<sup>23</sup> Os integrais de saúde-enfermidade podem ser definidos como rede complexa composta por dimensões de pato-

gênese e salutogênese. Isso significa que, a cada momento, nós produzimos saúde e produzimos doença, conforme as diferentes possibilidades de expressão em cada nível. Esses integrais se acoplam estruturalmente em níveis hierárquicos di-

<sup>23</sup> Conforme proposta apresentada como conclusão em *La Ciencia Tímida* (Almeida Filho, 2000a), onde apresento o conceito de “integrais de saúde-enfermidade-atenção” como objetos complexos, metáforas de representação social de enfermidades em forma de trama de pontos sensíveis ou estruturas epidemiológicas, redes de causalidade ou relações de produção de risco. Predomina em tais objetos uma lógica múltipla e plural que não se pode expressar de uma maneira codificada, mas que somente se pode reconhecer por seus efeitos. Aplicando “em abstrato” algumas das indicações das tendências de virada paradigmática presentes no panorama científico atual, poderemos avançar na configuração de um objeto modelo ontológico por referência aos fenômenos de saúde-enfermidade-atenção.

Para compreender melhor essa questão, é preciso primeiramente estabelecer algumas regras mínimas de sua sintaxe no que concerne a princípios e dimensões. O princípio fundamental dessa proposição é a busca da totalidade da figura proposta, o que implica fazer referência aos fenômenos de saúde-enfermidade por meio de um objeto modelo integralizado. Desta maneira, o objeto deve assumir a forma de “integrais de saúde-enfermidade-atenção”. A respectiva figura referente poderá, então, incorporar as diferentes facetas assumidas pelo objeto de acordo com a perspectiva do sujeito social (que participa em redes sociais de institucionalização do saber) produtor de conhecimento. Esta perspectiva se configura em um espaço de três dimensões: a dimensão das instâncias, a dimensão dos domínios e a dimensão dos níveis de complexidade. A dimensão das instâncias corresponde aos modelos heurísticos de base e incorpora quatro instâncias: a instância explicativa, a instância estrutural, a instância sistêmica e a instância sintética. A dimensão dos domínios equivale aos vetores clássicos da indagação filosófica, do particular ao geral. Por último, a dimensão dos graus de complexidade expressa os diferentes níveis de organização dos objetos de conhecimento, da microescala à macroescala. No caso específico dos processos relativos à saúde-enfermidade-atenção, esta última dimensão pode reduzir-se a três níveis: molecular, clínico e social.

Em qualquer grau de complexidade se pode explorar das diversas combinações de instância-domínio o integral saúde-enfermidade-atenção. Um enfoque explicativo de base determinante, no domínio do particular, produtor de metáforas causais de alto grau de estruturação, é capaz de produzir uma faceta parcial do objeto modelo considerado: os processos patológicos tal como se manifestam no “caso”, ou “caso de enfermidade”. A constituição da disciplina da clínica em torno desta faceta do objeto totalizado saúde-enfermidade-atenção tem sido tratada do ponto de vista tanto histórico-co-epistemológico (Clavreul, 1982) quanto praxiológico (Almeida Filho, 2000). A lógica preferida para a produção deste segmento do objeto modelo tem sido a lógica abdutiva, segundo Samaja (1996), que aqui podemos considerar como uma lógica analógica de primeiro tipo. Na instância explicativa, mesmo partindo da origem oposta como domínio epistemológico, podemos encontrar a perspectiva epidemiológica convencional (a epidemiología dos fatores de risco), baseada em uma lógica induktiva de base probabilística. Deste ponto de vista, a faceta do integral saúde-enfermidade-atenção aí reproduzida constitui um conceito específico, denominado Risco 1, ou seja, a noção de risco construída com um raciocínio freqüentista de base. Os modelos heurísticos emanados deste enfoque favorecem uma determinação quase probabilística, com modelos de produção de riscos baseados na ação direta ou na interação de fatores de risco.

Na instância estrutural, inicialmente no domínio do particular, encontramos os modelos heurísticos condicionais. Trata-se de metáforas de base topológica, que indicam a ação de estruturas invariáveis em forma de “condicionantes” de processos que, em geral, se podem explicar por meio de modelos causais. Nos campos das ciências biológicas e das ciências sociais tem-se construído abundantes exemplos desses objetos-modelo parciais, com uma perspectiva que, em geral, se denomina de “estruturalismo”. Para o que nos interessa, este enfoque intervém no objeto-modelo de base que configura “estruturas” resultantes de uma “alteração”, que, por sua vez, derivam de “processos subordinados estruturais”. A lógica dedutiva praticamente tem dominado tais modelos topológicos hierarquizados.

No domínio da generalização, os modelos explicativos próprios dessa instância se configuram em torno de matrizes de possibilidades, cujo produto comprehende verdadeiras formas lógicas. Seu efeito sobre uma das faces do objeto “integrais de saúde-enfermidade-atenção” pode expressar-se como Risco 2, no qual a noção de risco se apresenta com uma forma mais aproximada ao conceito de risco baseado no senso comum enquanto ameaça-perigo potencial. A potencialidade (ou virtualidade) desse risco será dada por uma operação lógica que chamaríamos de “quase dedutiva”, promotora de possibilidades de produção de eventos, “deduzidas” da compilação de conhecimentos produzidos pela aplicação de modelos de explicação semelhantes. No campo da saúde, diversos enfoques disciplinares aplicados (por exemplo, ao campo da saúde ocupacional) baseiam sua prática teórica mesmo inadvertida em modelos dessa ordem.

ferenciados, sob duas ordens distintas: a ordem biodemográfica e a ordem sociocultural. Os integrais de saúde/doença são determinados por um processo que tenho proposto chamar de holopatogênese, tema de meu interesse central no momento, objeto de uma publicação-recente (Almeida Filho; Andrade, 2003). Trata-se de um conceito possível, ou melhor, factível, baseado na simultaneidade dos níveis e facetas desse processo, simultaneidade não-articulada e não-reducionista.

Há um subtema dessa questão que, de novo, nos remete a Morin, que escreveu: “o mundo não está só em crise; encontra-se em violento estado de transformação no qual se defrontam as forças da morte e as forças da vida”. Em con-

cordância com essa idéia, pudemos propor que a holopatogênese resulta de uma oposição de base entre as forças da doença ou holopatógenos e os redutores de vulnerabilidade ou resistentes. Para designar essa tensão constante entre opostos, podemos usar um termo interessante, *agoni*; a saúde resulta da agonia entre as forças da doença e da saúde. Aliás, Jaime Breilh (2003) tem uma denominação muito semelhante para essa relação: forças da vida e forças da morte. Mas isso também não é nenhuma novidade, pois Freud usou a disjunção pulsão de vida e pulsão de morte, por sua vez herdada de Nietzsche, que também trouxe uma concepção equivalente à de agonia.

---

Na instância dos sistemas dinâmicos, no domínio do particular, onde se configuram modelos heurísticos que se definem pela sensibilidade ao próprio movimento, os produtos de tais modelos são redes de processos que produzem processos. A lógica predominante nesses objetos-modelo é o que chamamos Dialética 1, especialmente a que se ocupa das leis gerais do movimento e das transformações. A faceta do objeto integral correspondente a esta instância/domínio assume a forma geral de “sistemas de saúde-enfermidade-atenção”, produto de modelos sistêmicos essencialmente não-lineares, iterativos, interconectados, fractais (no sentido de que cada elemento configura em si uma rede de processos de nível hierárquico inferior). O tratamento dos modelos dessa instância equivalentes ao domínio da generalização apresenta grandes dificuldades. Trata-se de “sistemas alineares” ou objetos mais propriamente metafóricos, figuras nas quais a borosidade dos limites entre elementos e entre contextos dificulta qualquer tentativa de formalização. Os dispositivos heurísticos desenvolvidos com este fim, que apresentam um maior potencial de uso, são os “protótipos” de Lakoff (1993), inicialmente resultantes de uma teorização orientada ao campo lingüístico. Protótipos constituem tipos com certo grau de pertinência a categorias que, por definição, obedecem à “lógica borrosa”. Todavia, não se têm estabelecido critérios mais firmes para o tratamento desses objetos novos no campo lógico. Cabe assinalar a “lógica paraconsistente” (Costa, 1980), traduzida no esquema como Dialética 2, que incorpora as possibilidades de tratar as ambigüidades e incongruências. Em outra vertente, se apresenta a possibilidade de desenvolver um enfoque mais abertamente metafórico para a construção desta faceta dos objetos complexos ou, melhor, dos objetos-modelo integrais, prescindindo, portanto, de expressões de ordem formal.

Finalmente, chegamos à instância dos processos hermenêuticos, produtores de objetos-modelo sintéticos, imagens, figuras (num sentido wittgensteiniano estrito). No domínio do particular, considera-se a possibilidade da “emergência”, no sentido da geração do novo, do que efetivamente resulta da síntese para além das determinações (inclusive das determinações múltiplas). No domínio da generalização, trata-se dos processos praxiológicos de construção do cotidiano. Em ambos os casos, propomos considerar uma nova forma elementar de determinação, a *anamorfose*, capaz inclusive de expressar, em forma incipiente, a transição da práxis e da emergência às imagens-figura. Podemos propor uma definição “imaginária” da saúde deste ponto de vista: formas sintéticas, condensação de instâncias, domínios, níveis, lógicas, modelos, produtos, objetos. Saúde-enfermidade-atenção será, por conseguinte, uma configuração, uma dessas formas sintéticas que, devido ao que se referem no mundo concreto, somente têm sentido enquanto “integral”.

Por último, os “integrais saúde-enfermidade-atenção” constituem objetos-modelo, polissêmicos, polifacéticos, plurais, por sua vez modelos ontológicos e heurísticos, capazes de transitar (e de serem transitados) por distintas instâncias e domínios, referidos a distintos níveis de complexidade, construídos para referência (e por referência) aos fatos produzidos pelas ciências da saúde coletiva. Assim sendo, os integrais constituem objetos de conhecimento “metassintéticos”, ou seja, que expressam algo mais que uma “síntese de múltiplas determinações”, incorporando em um mesmo objeto-modelo várias classes de referência: a) modelos proposicionais, que assumem formas lógicas, especificando elementos, propriedades e relações; b) modelos icônicos: esquemas, representações gráficas e visuais; c) modelos metafóricos, que resultam da transitividade de um modelo propositivo ou icônico de um domínio a outro; d) modelos metonímicos, que resultam de deslocamentos e substituições, igualmente de um domínio a outro.

A este se agrega um outro aspecto importante: não existem sujeitos etéreos, todos os membros de populações e organismos em ambientes existem concretamente e simultaneamente em todos os níveis da ordem hierárquica biodemográfica. Alguém ou algum indivíduo que compõe um grupo de risco, é estruturado em órgãos ou sistemas, compostos por tecidos, por sua vez compostos por moléculas. Ocorre-me agora que Morin, não lembro em que livro, diz que somos todos simultaneamente biológicos, sociais, culturais e simbólicos.

Vejamos esta importante citação de Juan Samaja (2004), em seu livro mais recente, *Epistemología de la Salud*.

El objeto de las Ciencias de la Salud, en tanto objeto complejo que contiene sub-objetos de diferentes niveles de integración (células, tejidos, organismos; personas; familias; vecindarios; organizaciones; ciudades; naciones...), implica un gran número de interfaces jerárquicas y enorme cantidad de información, y en ellas cobran sentido y dimensión dramática, sus vivencias y postulaciones (verdaderas o falsas) sobre lo normal y lo patológico, lo sano y lo enfermo, lo curativo y lo preventivo.

Fundamentado nesta citação, Samaja apresenta o que chama de interfaces internáveis de organização:

- molécula-célula, cuja categoria principal é a autopoiése na organização;
- célula-organismo, nessa interface a categoria principal é a gênese;
- organismo-sociedade, cuja categoria é o acoplamento estrutural.

A proposta das três interfaces de Samaja em muito lembra a tríade indivíduo-sociedade-espécie de Morin. De todo modo, podemos utilizá-la como substrato para uma formulação mais específica, com base nessa teoria, da idéia de ordem hierárquica, em dois sentidos. Primeiro, uma ordem hierárquica biodemográfica (da molécula à célula, ao tecido, ao órgão ou ao sistema, do indivíduo, ao grupo, à população e ao ambiente). Segundo, uma ordem hierárquica sociocultural (igual à anterior da molécula ao sistema, daí se diferencia ao sujeito, à sociedade e à cultura). Em cada um desses níveis, uma disciplina ou um conjunto de disciplinas pretende dar conta da questão saúde/doença. Isso configura um elemento importante do paradigma antigo: a disciplinaridade<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> No paradigma cartesiano, o processo do conhecimento racional implica uma série de operações de decomposição da coisa a conhecer, buscando reduzi-la às suas partes mais simples. O modelo prototípico do objeto de conhecimento que se pretendia hegemônico nesse modo de produção de saber era, sem dúvida, o “mecanismo autômato”, justificando, assim, o reconhecimento do mundo como essencialmente mecanicista. Conhecer implicava uma etapa inicial de fragmentação (para ser mais claro, de destruição) da coisa a ser transformada em objeto de conhecimento. Esse seria o preço mínimo (estávamos em uma época pré-faustiana, cabe lembrar) que se deveria pagar para ascender ao conhecimento racional. Então o princípio da parcimônia, no sentido da simplificação reducionista, validaria os modelos explicativos do novo modo de produção de conhecimento – pois o conhecer reduzia o agora objeto aos seus componentes elementares mediante a fragmentação de sua natureza, estrutura e determinação. Este modo de produção do conhecimento gera explicações que, no final desta cadeia produtiva peculiar, resultam em efeitos concretos sob a forma de tecnologia. As explicações, porém seriam também produto de uma forma de organizar a produção do conhecimento, devido a uma identificação estreita com a produção industrial em escala, seriada e padronizada.

A expansão da nascente prática institucional da ciência, com suas sociedades e academias, produzia campos disciplinares rigorosamente delimitados, como se fossem territórios inexplorados, demarcados e apropriados pelos seus desbravadores. Na arena científica, mais e mais, se valorizava a especialização, tanto no sentido de criação de novas disciplinas científicas quanto na direção de subdivisões internas nos próprios campos disciplinares. Essa estratégia de organização histórico-institucional da ciência, baseada na fragmentação do objeto e numa crescente especialização do sujeito científico, tem sido designada como *disciplinaridade*.

Hoje a palavra *disciplina* conota organização, rigor, ascetismo, continuidade ou perseverança no enfrentamento de problemas. O antônimo *indisciplina* refere-se, em geral, a um defeito de conduta de alguém que não segue as regras ou que carece de efetividade por excessiva dispersão. *Disciplina*, inicialmente significava a ação de aprender, de instruir-se; posteriormente, veio a conotar o ensino-aprendizado em geral, incluindo todas as formas de educação e formação (Rey, 1993).

O grande desafio do novo paradigma é fazer a tradução ou transposição interdisciplinar ou interparadigmática dos respectivos discursos, no que sinceramente vejo pouca viabilidade. Por esse motivo, será preciso desenvolver e cultivar novas estratégias de produção de conhecimento e ação, no sentido do que Morin designa como transdisciplinaridade.<sup>25</sup>

A nova biologia molecular atesta que o projeto diferenciador das células, dos tecidos, dos órgãos, dos sistemas e dos organismos individuais se inscreve no genoma e no proteoma. Mas a possibilidade de manifestação da saúde e da doença se en-

contra num nível de organização individual. Não faz sentido se atribuir saúde ou doença a estruturas operantes supra-individuais. Dizer “uma sociedade saudável” ou “uma população enferma” são metáforas. É claramente metafórica a expressão na moda de “município saudável”. Da mesma forma, não é possível se falar em célula saudável, em molécula doente. Onde já se viu uma proteína saudável?

Entretanto, Morin afirma que a sociedade, a população, o ambiente, a espécie, tudo isso se concentra no sujeito. O objeto saúde-doença se constitui nas regiões centrais desse processo inte-

---

Com a organização das primeiras universidades ainda na época medieval, *disciplina* passou, por metonímia, a designar uma matéria ensinada, um ramo particular do conhecimento, o que depois viria a se chamar de “ciência”. Por extensão, a disciplina tornou-se equivalente a princípios, regras e métodos característicos de uma ciência particular.

Apesar da consolidação da disciplinaridade, surgiam, nesse contexto, esforços de recuperação do oposto da análise, a noção de síntese, como forma privilegiada de construção do objeto da ciência-técnica. O conceito de síntese, nessa conjuntura ideológica, reforçava objetos-modelos analógicos em relação aos seres vivos, determinados pelo extraordinário avanço da biologia resultante da “taxonomia universal” e das teorias da evolução natural. Foi preciso uma fase posterior de expansão do imperialismo científico, já no presente século, para que alguma estratégia de abordagem sintética do problema do conhecimento fosse retomada, com a formação de novos campos disciplinares. A produção do conhecimento científico implicava não mais a destruição, mas a construção de objetos por meio de processos de composição, ou montagem, de elementos constituintes. Esta forma sintética de construção de um campo científico configura uma estratégia alternativa de produção de objetos científicos que Morin (1990) designa como “modo da elucidação”, considerando especificidades e enigmas de eventos, processos, fenômenos, na natureza, na história e na sociedade, como síntese provisória de múltiplas determinações.

No momento atual de expansão da ciência, tem-se resgatado uma abordagem sintética do problema do conhecimento, com a formação de campos interdisciplinares. Trata-se, então, não apenas de explicar, produzir uma descrição rigorosa ou uma classificação precisa, mas também de construir a compreensão de uma questão científica. Para isso, é preciso operações de síntese, produzindo modelos sintéticos, e para designá-los apropriadamente, é necessário o recurso à polissemia resultante do cruzamento de distintos discursos disciplinares. De algum modo, se contempla a produção de objetos complexos, aqueles que não se subordinam a uma aproximação meramente explicativa. Por esse motivo, para uma abordagem respeitosa de tão intrigantes atributos, a organização convencional da ciência, em disciplinas autônomas e até estanques, precisa ser superada por novas modalidades da práxis científica.

<sup>25</sup> Tratei desta questão em uma série de textos (Almeida Filho, 1997, 1998). Mais do que definir ou especificar uma construção doxológica com a idéia de transdisciplinaridade, busquei observar e registrar uma potencialidade de desenvolvimento de objeto, método e campo científico, propondo formas de crítica e articulação lógica, epistemológica e praxiológica de um discurso-prática. Realmente não consegui encontrar maneira mais apropriada de abordar a hermenêutica científica vigente do que o recurso à desgastada noção kantiana dos juízos sintéticos que subjaz na dualidade análise-síntese. Não obstante, manto o argumento de que, em uma perspectiva histórico-crítica, existem sínteses e “sínteses”: toda operação de sintetização produz totalizações provisórias, por meio de uma prática cotidiana de produção de “objetos práxicos”.

Em suma, minha proposição de transdisciplinaridade sustenta-se na relação entre ciência como rede de instituições do campo científico e ciência como modo de produção de conhecimento, mediada em todas as instâncias pelo conceito de prática científica (Samaja, 1994). Trata-se de uma abordagem materialista-histórica da ciência, fundamentando uma definição pragmática da transdisciplinaridade como processo, estratégia de ação, modalidade de prática, e não como propriedade ou atributo de relações modelares entre campos disciplinares. Dessa maneira, fará mais sentido assinalar o caráter instrumental da transdisciplinaridade como via de transformação da “ciência normal” em ciência “revolucionária”, para respeitar a terminologia kuhniana, na emergência de novos paradigmas no campo científico e de novas estratégias de ação no campo da prática social.

gral, mas sem os outros elementos não é possível se conceber a integralidade do objeto saúde-doença. Se avançarmos mais, na linha do pensamento complexo de Morin, ousaremos propor que os integrais de saúde-enfermidade e os processos de holopatogênese compreendem integralidades simultaneamente fractal e hologramática.

Recapitulando, no começo, expusemos elementos essenciais da teoria da complexidade, tomando o processo de modelagem como uma espécie de gramática da complexidade. Em seguida, usamos a teoria das redes, componente fundamental do paradigma da complexidade, como

um dos elementos para a construção de modelos de explicação de processos saúde/doença, representando diferentes vertentes ou miradas. Disso resulta um objeto muito peculiar, síntese desse conjunto – unitário e múltiplo, integral e fractal, de objetos complexos e parciais. Concluímos com o reconhecimento da necessidade de integralização do conhecimento em algo que não seja apenas a soma de todas essas perspectivas, e sim uma abordagem capaz de integrar as miradas disciplinares em uma mirada transdisciplinar, no sentido de Morin<sup>26</sup>.

Essa foi, enfim a proposta que procurei debater neste texto.

<sup>26</sup> Estou totalmente de acordo de que necessitamos uma transformação radical do sistema de formação dos sujeitos da ciência, no contexto de um novo enciclopedismo, conforme propõe Morin. (1982, 1990, 1999), porém não um enciclopedismo com base na genialidade de sujeitos individuais como na Renascença ou no Iluminismo, e sim uma forma renovada de integração global de um conhecimento construído coletivamente. Cada vez mais, o processo de produção do conhecimento científico será social, político-institucional, matricial, amplificado. Nesse cenário, a produção competente da ciência certamente viabilizará abordagens totalizantes, apesar de parciais e provisórias, sínteses transdisciplinares dos objetos da complexidade. Entretanto, no caso das ciências da saúde, esse “enciclopedismo localizado” deverá romper inclusive com as fronteiras da sua própria disciplinaridade. Com isso, eu quero defender a necessidade de se avaliar o modo como tais disciplinas percebem, refletem, instrumentalizam e participam da vida cotidiana (e seus problemas de saúde) que, em última análise, objetivam estudar.

Como ilustração, todos sabemos que a transdisciplinaridade já se encontra na constituição histórica da epidemiologia como ciência responsável pela formulação do discurso científico sobre saúde-doença-cuidado no âmbito coletivo. É no trato, porém, com a materialidade do cotidiano social, na interlocução com o dinamismo do modo de vida, que a epidemiologia vai, enfim, poder verificar a eficácia da sua linguagem e prática transdisciplinares, estendendo-se para além das disciplinas tradicionalmente demarcadas. Trata-se, nesse caso, de explicitar os saberes implícitos e de remover as barreiras que dificultam um intercâmbio mais efetivo e responsável entre a produção de conhecimento epidemiológico, a prática epidemiológica, os profissionais de saúde e os movimentos sociais. De fato, a fim de garantir a função social-histórica da ciência como elemento primordial de emancipação humana no mundo contemporâneo, é imperativo considerar o trânsito dos sujeitos da ciência entre campos de saberes não-demarcados pelo formalismo disciplinar da ciência. Em outras palavras, necessitamos aumentar as travessias entre os campos científicos e os campos de prática social. Afinal de contas, como adverte Morin (1990, p.56), urge ampliar e radicalizar a noção de transdisciplinaridade, abrindo passagens da ciência para a arte, a política, a cultura e a filosofia a fim de “desinsularizar o conceito de ciência (... pois) a ciência é efetivamente uma península no continente cultural e no continente social”.

Enfim, num sentido amplo, transdisciplinaridade refere-se às relações estabelecidas com outras disciplinas tanto quanto às relações com os modos de vida e as práticas de saúde. Qualquer projeto consequente de análise das políticas de transformação da situação de saúde das populações vai requerer conceitos destacados pela diversidade de sua extração teórica e métodos caracterizados pela pluralidade, propiciando uma compreensão da complexidade dos sistemas históricos e uma formulação de práticas discursivas efetivamente capazes de interferir no espaço social da saúde coletiva. Para isso, será sempre fundamental uma postura crítica e reflexiva capaz de explicitar as implicações e determinações políticas e econômicas da produção do conhecimento científico

## Referências bibliográficas

- ALBERT, Réka; BARABÁSI. (2002). Albert-Laszlo. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, T4, 1: 47-97.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (1989). *Epidemiologia Sem Números: Uma Introdução Crítica à Ciência Epidemiológica*. Rio de Janeiro: Campus.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (1992). *A Clínica e a Epidemiologia*. Salvador; Rio de Janeiro: Apce; Abrasco,.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (1997). Transdisciplinaridade e Saúde Coletiva. *Ciência & Saúde Coletiva*, II (1/2), p. 5-20.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (1997a). The paradigm of complexity: applications in the field of public health. In: Advisory Committee on Health Research. *A Research Policy Agenda for Science and Technology to Support Global Health Development*. Geneve: World Health Organization,, p.1-15.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (1998). Sobre as Relações entre Complexidade e Transdisciplinaridade em saúde (Ensaio dedicado a Mario Chaves). *Revista da ABEM* 22(2/3), p. 22-30.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (2000). *A Ciência da Saúde*. São Paulo: Hucitec.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (2000a). *La Ciencia Tímida – Ensayos de deconstrucción de la epidemiología*. Buenos Aires: Lugar.
- ALMEIDA FILHO, Naomar. (2000b). Intersetorialidade, transdisciplinaridade e saúde coletiva: atualizando um debate em aberto. *Revista Brasileira de Administração Pública* 34, (6):9-32.
- ALMEIDA FILHO, Naomar; ANDRADE, Roberto. (2003). Holopatogênese: uma teoria geral de saúde-doença como base para a promoção da saúde. In: CZERESNIA, D.; MACHADO, C. (ed.). *Promoção da Saúde: Debates e Reflexões*. Rio: Editora Fiocruz.
- ALMEIDA-FILHO, Naomar; LESSA, Inês; MAGALHÃES, Lucélia; ARAÚJO, Maria Jenny; AQUINO, Estela; JAMES, Sherman; KAWACHI, Ichiro. (2004). Social inequality and depressive disorders in Bahia, Brazil: interactions of gender, ethnicity, and social class. *Social Science & Medicine* 59(7):1339-53.
- ALMEIDA FILHO, Naomar; CORIN, Ellen; BIBEAU, Gilles. (2005). Rethinking Transcultural Approaches to Mental Health Research. From Epistemology to Methodology. *Transcultural Psychiatry* (submetido).
- ANDERSON, Roy. (1982). *Population Dynamics of Infectious Disease: Theory and Application*. London: Chapman and Hall Press.
- ARNOLD, V. (1989). *Teoria das Catástrofes*. Campinas: Editora Unicamp.
- ATLAN, Henry. (1981). *Entre le Crystal et la Fumée*. Paris: Seuil.
- BARABÁSI, Albert-Laszlo. (2003). *Linked*. New York: Plume.
- BOULDING, Kenneth. (1956). General Systems Theory – The Skeleton of Science. *Management Science* 2:197-208.
- BREILH, Jaime. (2004). *Epidemiología Nueva*. Buenos Aires: Lugar.
- BUCKLEY, William (ed.). (1968). *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*. A Sourcebook. Chicago: Aldine.
- BUNGE, Mario. (1969). *El Principio de la Causalidad en la Ciencia Moderna*. Buenos Aires: Eudeba.
- CANGUILHEM, Georges. (1966[1943]). *Le Normal e le Pathologique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- CANGUILHEM, Georges. (1990). *La Santé*. Concept Vulgar et Question Philosophique. Toulouse: Sables, 36p.
- CASTELLANOS, Pedro Luiz. (1990). Avances metodológicos en epidemiología. CONGRESSO BRASILEIRO DE EPIDEMIOLOGIA, 1, *Anais*. Campinas, São Paulo, p.201-16.
- CASTORIADIS, Cornelius. (1982). *A Instituição Imaginária da Sociedade*. São Paulo: Paz e Terra.
- CHALMERS, Allan. (1994). *A Fabricação da Ciência*. São Paulo: Editora UNESP.
- CLAVREUL, Jean. (1978). *A Ordem Médica*. São Paulo: Brasiliense.
- COSTA, Newton. (1980.) *Ensaio sobre os Fundamentos da Lógica*. São Paulo: Hucitec-Edusp.
- COVENEY, Paul. (1994). Chaos, entropy and the arrow of time. In: HALL N. (ed.). *Exploring Chaos*. New York: Norton, p.203-13.
- DANIELS, H. (1995). A perturbation approach to nonlinear deterministic epidemic waves. In: MOLLISON D. (ed.) *Epidemic Models: Their structure and relation to data*. Cambridge: Cambridge University Press, p.202-15.
- DELATTRE, Paul, THELLIER, Marcel (ed.). (1979). *Élaboration et justification des modèles*. Paris: Maloine.

- DESROSIERS, Alain. (1988). La partie pour le tout: Comment généraliser? La préhistoire de la contrainte de représentativité. *Journal de la Société de Statistique de Paris* 129(1-2):97-116.
- DURRETT, R. (1995). Spatial Epidemic Models. In: MOLLISON D. (ed.). *Epidemic Models: Their structure and relation to data*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 187-201.
- ECKMAN, Jean-Paul, RUELLE, David. (1985). Ergodic theory of chaos and strange attractors. *Rev. Mod. Phys.* 57:617-656.
- EDMONDS, B. (1996). What is Complexity? In: HEYLIGHEN F., AERTS, D. (ed.) *The Evolution of Complexity*. Dordrecht: Kluwer, 20-6.
- GLEICK, James. (1986). *Chaos – The Making of a New Science*. New York: Penguin.
- GRENFELL, B.; BOLKER, B.; KLECKOWSKI, A. (1995). Seasonality, Demography and the Dynamics of Measles in Developed Countries. In: MOLLISON D. (ed.). *Epidemic Models: Their structure and relation to data*. Cambridge: Cambridge University Press, p.248-68.
- GULATI, Ranjay; GARGIULO Martin. (1998). Where do interorganizational networks come from? *American Journal of Sociology* 104(5): 1439-93.
- HANNERZ, Ulf. (1993). *Cultural Complexity*. Studies in the social organization of meaning. New York: Columbia University Press.
- KOOPMAN, James, LONGINI, Ira. (1994). The Ecological Effects of Individual Exposures and Nonlinear Disease Dynamics in Populations. *American Journal of Public Health* 84:836-842.
- KRIEGER, Nancy. (1994). Epidemiology and the Web of Causation: Has anyone seen the spider? *Social Sciences & Medicine* 39(7):887-903.
- LAKOFF, George. (1993). *Women, Fire and Dangerous Things*. Berkeley: University of California Press.
- LEVY, B.S. (1996). Editorial: Toward a Holistic Approach to Public Health Surveillance. *American Journal of Public Health* 86(5): 624-625.
- LIPSITZ, L. A., Goldberger A. (1992). Loss of 'complexity' and aging: potential applications of fractals and chaos theory to senescence. *J.A.M.A.* 267:1806-09.
- LORENZ, Edward. (1993). *The Essence of Chaos*. Chicago: University of Chicago Press.
- MANDELBROT, Benoît. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. New York: Freeman.
- MANDELBROT, Benoît. (1994). Fractals – a geometry of nature. In: HALL N. (ed.). *Exploring Chaos*. New York: Norton, p.122-35.
- MASSAD, Eduardo; MENEZES, Renée; SILVEIRA, Pau-lo; ORTEGA, Neli (org.). (2004). *Métodos Quantitativos em Medicina*. Barueri: Manole.
- MASSAD, Eduardo; STRUCHINER, Cláudio. (1996). *Fuzzy Logic and Risk Assessment in Environmental Studies*. São Paulo (xerox).
- MATURANA, Humberto. (1992). *El sentido de lo humano*. Santiago: Hachette.
- MATURANA, Humberto. (2001). *Cognição, Ciencia e Vida Cotidiana*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. (1984). *El árbol del conocimiento*. Santiago: Editorial Universitária.
- MCNEILL, D; FREIBERGER P. (1993). *Fuzzy Logic*. New York: Simon & Schuster.
- MEZZICH, Juan; ALMEIDA FILHO, Naomar. (1994). Epidemiology and Diagnostic Systems in Psychiatry. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 90 (suppl. 385), 61-65.
- MILGRAM, Stanley. (1967). The Small World Problem. *Psychology Today* 2:60-67.
- MILL, John Stuart. (1999). Um Sistema de Lógica. In: \_\_\_\_\_. *Mill*. São Paulo: Abril Cultural (Col. Os Pensadores).
- MORIN, Edgard. (1982). *Science avec conscience*. Paris: Fayard.
- MORIN, Edgard. (1984). On the Definition of Complexity. In: AIDA E. (ed.). *The Science and Praxis of Complexity*. Tokyo: United Nations University, 62-68.
- MORIN, Edgard. (1990). *Introduction à la Pensée Complète*. Paris: Éditions Sociales Françaises.
- MORIN, Edgard. (1999). *La Tête Bien Faite – Répenser la reforme, réformer la pensée*. Paris: Seuil.
- MORIN, Edgard. (2003) *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO.
- MULLIS, Katherine. (1990). The Unusual Origin of Polymerase Chain Reaction. *Scientific American*, April, p. 56-65.
- NEWMAN, Mark. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Review* 45: 167-256.
- OLSEN, L., SCHAFER, W. (1990). Chaos versus noise periodicity: alternative hypotheses for childhood epidemics. *Science* 249:499-504.
- PERCIVAL, Ian. (1994). Chaos: a science for the real world. In: HALL N. (ed.). *Exploring Chaos*. New York: Norton, p.11-22.
- PHILIPPE, Pierre. (1993). Chaos, Population Biology and Epidemiology: Some Research Implications. *Human Biology* 65:525-546.
- POWELL, W. (1990). Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. *Research in Organizational Behavior* 12:295-336.
- POWERS, James. (1982). *Philosophy and the New Physics*. London: Methuen.
- PRIGOGINE, Illya; STENGERS, Isabelle. (1986). *La Nouvelle Alliance*. Paris: Gallimard.

- RABINOW, Paul. (1996). *Making PCR. A Story of Biotechnology*. Chicago: University of Chicago Press.
- REY, Alain. (1993). *Dictionnaire Historique de la Langue Française*. Paris: Dictionnaires Le Robert.
- ROSCH, Eleanor. (1973). Natural Categories. *Cognitive Psychology* 4:328-350.
- SAMAJA, Juan. (1994). Vigilancia Epidemiológica de los ambientes en que se desarrollan los procesos de la reproducción social. CONGRESO LATINOAMERICANO DE MEDICINA SOCIAL, 6, *Anales*. Guadalajara, Mexico.
- SAMAJA, Juan. (1996). *Epistemología y Metodología*. Buenos Aires: Eudeba.
- SAMAJA, Juan. (2004). *Epistemología de la Salud*. Buenos Aires: Lugar.
- SANTOS, Boaventura Souza. (2003). *Um Discurso sobre as Ciências*. São Paulo: Cortez.
- SCHAFFER, W., KOT, M. (1985). Nearly one-dimensional dynamics in an epidemic. *J. Theor. Biol.* 112:403-427.
- SCHRAMM, Fermin; CASTIEL, Luiz David. (1992). Processo Saúde/Doença e Complexidade em Epidemiologia. *Cadernos de Saúde Pública* 8(4):379-390.
- SERIES, Charles. (1994). Fractals, reflections and distortions. In: HALL N (ed.) *Exploring Chaos*. New York: Norton, p.136-149.
- STROGATZ, Steve. (2003). *Sync: The Emerging Science of Spontaneous Order*. New York: Theia.
- STRUCHINER, C.; BRUNET, R.; HALLORAN, M.E.; MASSAD, E.; AZEVEDO-NETO, R. (1995). On the use of state-space models for the evaluation of health interventions. *Journal of Biological Systems* 3(3):851-865.
- SUSSER, Mervyn. (1991). What is a cause and how do we know one? A grammar for pragmatic epidemiology. *American Journal of Epidemiology* 133(7):635-48.
- SUSSER, Mervyn; SUSSER, Ezra. (1996). Choosing a future for epidemiology: II. From black box to Chinese boxes and eco-epidemiology. *American Journal of Public Health* 86: 674-677.
- THOM, René. (1985). *Paraboles et Catastrophes*. Paris: Flammarion.
- WATTS, Duncan. (1999). *Small Worlds*. Princeton NJ: Princeton University Press.
- VASCONCELOS, Eduardo Mourão. (1996). *Desinstitucionalização e Interdisciplinaridade em Saúde Mental*. Rio de Janeiro: Escola de Serviço Social da UERJ, (xerox).
- VASCONCELOS, Eduardo Mourão. (2002). *Complexidade e Pesquisa Interdisciplinar – Epistemologia e Metodologia Operativa*. Petrópolis: Vozes.
- ZADEH, Lofti. (1982). A Note on Prototype Theory and Fuzzy Sets. *Cognition* 12:291-297.
- ZEEMAN, C. (1972). Differential equations for the heart-beat and nerve impulse. In: \_\_\_\_\_. *Towards a Theoretical Biology*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

**Cadernos IHU** divulga pesquisas, produzidas por professores/pesquisadores, por alunos de pós-graduação e trabalhos de conclusão de alunos de graduação, nas áreas de concentração ética, trabalho e teologia pública. A periodicidade é bimensal.



**Naomar de Almeida Filho** nasceu em Buerarema, Bahia, em 1952. Ph.D. em Epidemiologia e Antropologia Médica pela University of North Carolina at Chapel Hill, em 1981, é *Doctor of Science Honoris Causa*, pela McGill University, em 2003. É professor titular de Epidemiologia no Instituto de Saúde Coletiva da UFBA e professor visitante na University of North Carolina (1989), Case Western University at Cleveland (1990), University of California at Berkeley (1991), Université de Montréal (1994-1995) e Harvard University (2001-2002). Pesquisador nível I-A do CNPq desde 1986, tem atuado como pesquisador associado em importantes instituições acadêmicas e científicas no exterior, como Hospital Marmottan de Paris (1985), Douglas Research Center, McGill University (1992-1994), Istituto di Etnografia e Antropologia Medica – Università di Perugia (1994) e Center for Society & Health, Harvard School of Public Health (2002).

#### Algumas publicações do autor

- ALMEIDA FILHO, Naomar; CORIN, Ellen; BIBEAU, Gilles. Rethinking Transcultural Approaches to Mental Health Research. From Epistemology to Methodology. *Transcultural Psychiatry*, 2005.
- ALMEIDA FILHO, Naomar; LESSA, Inês; MAGALHÃES, Lucélia; ARAÚJO, Maria Jenny; AQUINO, Estela; JAMES, Sherman; KAWACHI, Ichiro. Social inequality and depressive disorders in Bahia, Brazil: interactions of gender, ethnicity, and social class. *Social Science & Medicine* 59(7):1339-53, 2004.
- ALMEIDA FILHO, Naomar; ANDRADE, Roberto. Holopatogênese: uma teoria geral de saúde-doença como base para a promoção da saúde. In: CZERESNIA, D.; MACHADO, C. (ed.) *Promoção da Saúde: Debates e Reflexões*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.
- La Ciencia Tímida: Ensayos de deconstrucción de la epidemiología*. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2000a.
- Intersetorialidade, transdisciplinaridade e saúde coletiva: atualizando um debate em aberto. *Revista Brasileira de Administração Pública*, n. 34, (6):9 - 32.