



# UMA ANÁLISE SISTÊMICA DA INTERAÇÃO MEDIADA POR COMPUTADOR

Alex Fernando Teixeira Primo\*

**Resumo:** Apresenta-se uma revisão do sistemismo a partir de autores como Bertalanffy, Morin, Capra, Piaget, Maturana e Varela e da Escola de Palo Alto. A partir disso, conduz-se uma discussão sobre a interação mediada por computador, tomando-se como partida os tipos de interação mútua e reativa.

**Palavras-Chave:** interação mediada por computador – interatividade – sistemismo – Teoria dos Sistemas

**Abstract:** This paper presents a review on Systems Theory, based on authors such as Bertalanffy, Morin, Capra, Piaget, Maturana e Varela and the Palo Alto School. Based on this perspective, a discussion on computer mediated interaction is undertaken, taking into account the mutual and reactive interaction types.

**Key-words:** computer mediated communication – interactivity – Systems Theory

## 1. Introdução

A problemática da interação está na agenda de discussões dos pesquisadores das tecnologias do ciberespaço e de ambientes informáticos de ensino à distância. Contudo, existe ainda uma carência por aprofundamento a respeito de tal tópico. As palavras "interatividade" e "interativo" têm sido usadas de forma muito elástica e imprecisa, além de servirem como slogan de venda para os mais diversos produtos industrializados. Nesse contexto, exige-se uma maior dedicação ao estudo da interação em ambientes mediados por computador para que se possa abordar o tema com a propriedade e cuidado necessários.

Inicialmente, caberia perguntar, por exemplo, se a interação a) de um aluno com seu computador e b) do mesmo aluno com seus colegas e professores mediados pela mesma máquina tem igual qualidade. Indo mais além, pode-se aproximar a interação entre um indivíduo e uma máquina de uma relação interpessoal, entendendo-as como equivalentes? Isto é, seria desnecessário levar em conta se tratamos de interações entre vivos ou não-vivos?

Este trabalho pretende então apontar, a partir de uma perspectiva sistêmica, diferenciações que emergem nos contextos interativos e que nos permitem perceber que a qualidade da interação não é sempre a mesma, variando em relação às características dos sistemas envolvidos. Para tanto, questões e conceitos como abertura e fechamento, máquina e organismo, organização e estrutura, equilíbrio e estabilidade serão debatidos a partir de autores de reconhecida contribuição aos estudos sistêmicos. Quer-se também fazer um paralelo entre sistemas vivos (no caso, seres humanos) e máquinas (computadores). A partir disso, procurar-se-á demonstrar que as interações de máquinas e seres humanos não podem ser entendidas como similares. Nesse sentido, abordar a inteligência humana como um computador, ou pensar o computador como reprodução da mente humana, incorpora problemas de reducionismo ao comparar sistemas que têm diferenças fundamentais.

Este trabalho dá continuidade aos estudos de interação em ambientes informáticos iniciados no trabalho "Interação Mútua e Interação Reativa: uma proposta de estudo". Portanto, cabe agora apresentar, ainda que brevemente, como se entende esses dois tipos de interação. A **interação mútua** seria caracterizada por relações interdependentes e processos de negociação, onde cada interagente participa da construção inventiva da interação, afetando-se mutuamente. Já a **interação reativa** é linear, limitada por relações determinísticas de estímulo e resposta. É, pois, a partir dessa distinção inicial que pretende-se discutir a interação em ambientes informáticos.

\* Publicitário e Jornalista, mestre em Jornalismo (Ball State University), doutorando em Informática na Educação (UFRGS), professor da Fabico/UFRGS; [aprmo@iname.com](mailto:aprmo@iname.com), <http://usr.psic.ufrgs.br/~aprmo>.



## 2. Teoria Geral dos Sistemas

A perspectiva sistêmica interessa particularmente a este trabalho por valorizar o estudo da interação. Atualmente, estudos sobre complexidade e autopoiese vêm atualizar e oferecer novos encaminhamentos para os estudos sistêmicos.

Edgar Morin (1990), um dos pensadores mais importantes de nosso tempo e maior representante dos estudos da complexidade, aponta que o campo da teoria dos sistemas é muito vasto, quase universal, pois *qualquer realidade conhecida pode ser vista como sistema*. O autor define sistema como "associação, combinatória de elementos diferentes" (p. 28).

Por outro lado, existem muitas teorias ditas sistêmicas que apresentam muitas contradições entre si. De fato, muitos vêm a perspectiva sistêmica como uma meta-teoria. Sendo assim, a denominação "Teoria dos Sistemas" poderia ser confusa. Morin aponta que as teorias sistêmicas podem apontar para três direções contraditórias: desde um sistema fecundo com princípio de complexidade, passando por um sistemismo holístico vago e insípido, até a análise de sistemas de operações redutoras. O autor também aponta que a aplicação *tecnocrática* da teoria dos sistemas seria problemática e negativa, pela escolha arbitrária de parâmetros e de variáveis, pela simplificação e pseudo-exatidão dos cálculos empregados.

Feita essa apresentação, cabe agora uma breve recuperação dos antecedentes da teoria dos sistemas. Mais tarde, apresentar-se-á contribuições mais recentes que permitem compreender as interações dos seres vivos. A partir disso, passa-se a uma discussão dos relacionamentos em contextos informáticos.

Bertalanffy (1977) demonstra em *Teoria Geral dos Sistemas* sua preocupação com a intenção da física clássica em apontar as *leis cegas* da natureza. Segundo o ideal laplaciano, conhecendo-se a posição e o momento das partículas, pode-se prever o estado do universo em um determinado tempo. A concepção mecanicista da física foi depois reforçada por leis estatísticas da desordem, isto é, os acontecimentos físicos dirigem-se para estados de máxima probabilidade e menor organização.

Com relação a noções como interação e causalidade pode-se ver que a ciência clássica movia-se através de um esquema de unidades isoláveis atuando segundo uma causalidade unidirecional, o que mostrou-se insuficiente. "É sintomático que as noções de interação e de organização serviam apenas para encher espaço ou absolutamente não apareciam" (Bertalanffy, 1977, p.71).

A concepção do mundo da ciência no século XIX entendia que todos os fenômenos do mundo eram regidos pelas inexoráveis leis da causalidade. O mundo dos organismos era por conseguinte obra do acaso e de mutações ocasionais e da seleção. Por outro lado, a ênfase na totalidade e o aparecimento de conceitos com o mesmo direcionamento como interação dinâmica, holismo, *gestalt*, *organísmico*, etc, demonstraram a necessidade do pensamento em termos de elementos em interação mútua.

Na biologia a concepção mecanicista mostrou-se insuficiente para o estudo dos seres vivos. Tendo em vista isso, a concepção sistêmica *organísmica* veio opor-se ao mecanicismo, que focava-se sobre as partes (como a célula, os genes, etc.) e a comportamentos condicionados:

"É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tomando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo" (Bertalanffy, 1977, p. 53).

É partir disso que Bertalanffy apresenta sua teoria. Em sua definição, **um sistema é um complexo de elementos em interação**. A partir disso pode-se antever o valor que a teoria dos sistemas dará ao todo dinâmico. Além disso, se a física clássica valorizou a complexidade *desorganizada* (entrópica), a teoria geral dos sistemas localiza como problema fundamental a complexidade *organizada*. Corresponde a um novo direcionamento investigativo que parte de conceitos como organização, totalidade e diferenciação, que são estranhos à física convencional.

O método da ciência clássica era adequado a fenômenos de cadeias causais isoladas. Porém, perdem eficiência no estudo da interação de um número grande, mas limitado, de elementos ou processos. Isto é, se antes a ciência ocupava-se da explicação de fenômenos observáveis, reduzidos à interação de elementos investigáveis e independentes entre si, passa-se então à investigação da **totalidade** (conceito antes visto como vago e nebuloso) e dos problemas de organização.



Ora, e se transpusermos o método científico clássico, que ofereça confiáveis resultados na física, por exemplo, para o estudo dos seres vivos (e a interação entre eles) obteremos consistentemente o mesmo sucesso? Sistemas vivos e não-vivos podem ser estudados com segurança a partir dos mesmos pressupostos?

Fritjof Capra (1982), responsável por diversas obras de divulgação da teoria dos sistemas<sup>2</sup>, analisando pesquisas em medicina e biologia afirma que em sua maior parte oferecem uma visão mecanicista da vida, reduzindo o funcionamento dos organismos vivos a mecanismos celulares bem definidos. Capra concorda que em certa medida esses organismos agem de forma maquiônica (ossos, músculos, circulação sanguínea, etc.), mas isso de forma alguma quer dizer que os organismos vivos *sejam* máquinas. Portanto, é preciso que se estude o organismo como um sistema vivo e não apenas como uma máquina<sup>3</sup>. Já a concepção sistêmica<sup>4</sup>, conforme aponta Capra, vê o mundo em termos de relações e de integração. Sendo assim, as propriedades dos sistemas não podem ser reduzidas a unidades menores, já que os sistemas (como um ser humano ou uma bactéria) são totalidades integradas – onde *o todo é sempre diferente da soma de suas partes*.

Isto posto, passa-se agora a um maior aprofundamento na teoria dos sistemas para que se possa discutir a interação que se dá através do computador (sujeitos mediados pela máquina) e entre sujeito e máquina. Tal discussão se torna cada vez mais necessária à medida que a indústria promove produtos em inteligência artificial como possuindo a mesma capacidade que a inteligência humana. Se isso é verdade, a vida deixa de ser um diferencial na interação. Se, por outro lado, não pudermos equiparar máquinas inanimadas e seres vivos, então precisamos observar como a interação entre eles se diferencia.

### 3. Sistemas abertos e fechados

Uma das oposições de Bertalanffy que se tornou mais conhecida é aquela que diferencia sistemas abertos e fechados. Porém, como se poderá ver no decorrer desta discussão, nenhum sistema é fechado ou aberto totalmente. Além disso, interessa particularmente para este trabalho alguns princípios que caracterizam os diferentes sistemas em relação à sua abertura, e que condicionam as suas interações.

Bertalanffy, em seu paralelo entre ciência tradicional e perspectiva sistêmica, aponta que a física convencional preocupa-se com os sistemas chamados *fechados*, isto é, aqueles que são isolados de seu ambiente. Nesses casos, a tendência é para a máxima entropia, ou seja, a distribuição mais provável é a da máxima desordem. A teoria dos sistemas, por sua vez, reconhece que diversos são os sistemas que são essencialmente abertos. Esse tipo mantém um contínuo fluxo de entrada e saída, conserva-se pela construção e decomposição de componentes, e nunca atinge um equilíbrio estático, do tipo químico ou termodinâmico, mas sim um *estado estacionário*. É mister agora acompanhar como a questão da abertura vem sendo debatida por diferentes autores, tendo em vista que abertura é um dos princípios da teoria dos sistemas mais discutidos.

Pode-se dizer que *cada sistema é aberto em certo grau*. Basicamente um **sistema aberto** é aquele que interage com o seu ambiente. Existem alguns fatores que diferenciam um sistema aberto de um fechado. Segue-se alguns desses fatores mencionados por Monge (1977):

- a) em um sistema fechado o meio não afeta o sistema, já em um sistema aberto existe uma troca entre o sistema e o ambiente;
- b) um sistema fechado estável pode atingir um equilíbrio puro. Porém, um sistema aberto pode atingir uma estabilidade (nunca um equilíbrio perfeito);
- c) condições iniciais necessariamente influenciam o estado de um sistema fechado. Por outro lado, um sistema aberto pode atingir um estado estável independentemente de suas condições iniciais.

Watzlawick, Beavin e Jackson (1993), representantes da Escola de Palo Alto, inspirados pelo sistemismo de Bateson, dedicaram-se ao estudo das interações interpessoais. Seus estudos pragmáticos oferecem pois uma importante fonte para o entendimento das interações entre sujeitos. Desse modo, relata-se agora algumas propriedades dos *sistemas abertos* apresentados por esses autores para o estudo de contextos interpessoais.

**Globalidade** se refere à interdependência entre as partes de um sistema. Em vez de uma mera acumulação de partes independentes, um sistema é um todo que não pode ser considerado como a soma de suas partes (o que se chama de *não-somatividade*). Uma mudança em uma parte afeta todas as outras e o sistema total. Para Watzlawick, Beavin e Jackson a interação humana é não-somativa, e não pode ser vista como um



derivativo de "propriedades" individuais (valores, papéis, expectativas e motivações) ou como uma acumulação somativa que pode ser decomposta em unidades básicas. O princípio da globalidade ressalta a impossibilidade de relações unilaterais, onde A afeta B, mas onde o inverso não seria verdadeiro.

Já o princípio da **retroalimentação** ou **circularidade** chama atenção para o fato que em sistemas interpessoais cada comportamento individual afeta e é afetado pelo comportamento de cada um dos outros indivíduos.

Se nos sistemas fechados os estados de equilíbrio são determinados pelos estágios iniciais, o princípio da **equifinalidade** permite aos sistemas abertos atingir um estado independentemente das condições iniciais. Além disso, diversas condições têm a mesma chance de proporcionar os mesmos resultados, determinado pelos parâmetros do sistema. Portanto, para a Pragmática da Comunicação, a organização atual da interação tem importância maior que sua gênese. Dessa forma, não se pode confundir a *origem* de uma coisa com sua *significação*. Tal confusão prejudicaria o entendimento da evolução de uma relação. Logo, o sistema seria a própria e melhor explicação de si mesmo.

Neste estágio da discussão (ainda que de forma prematura) poderíamos estudar os tipos de interação (classificados anteriormente como mútua e reativa) a partir das características há pouco relatadas. A interação mútua forma um todo global. Não é composto por partes independentes; seus componentes são interdependentes. Onde um é afetado, o sistema total se modifica. O contexto oferece importante influência ao sistema. Por conseguinte, os sistemas interativos mútuos estão voltados para a evolução e desenvolvimento. E por engajar interagentes inteligentes, os mesmos resultados de uma interação podem ser alcançados de múltiplas formas, mesmo que independente da situação inicial do sistema (princípio da equifinalidade). E, por fim, o sistema não é linear. Como exemplo desse tipo de interação, em um contexto mediado por computador, pode-se citar as interações mantidas por diferentes pessoas nos chats ou salas de bate-papo.

Já os sistemas reativos fechados têm características opostas às relatadas há pouco. Por apresentar relações lineares e unilaterais, o reagente tem pouca ou nenhuma condição de alterar o agente (como por exemplo em uma "conversa" com um robô de conversação ou *chatterbot*<sup>6</sup>). Além disso, tal sistema não percebe o contexto e, portanto, não reage a ele. Por não efetuar trocas com o ambiente, o sistema não evolui. Nesses sistemas não se presencia a *equifinalidade*. Se uma situação não for prevista em sua fase inicial (na produção do *hardware* ou do *software*, por exemplo), ela não poderá produzir o mesmo resultado que outra situação planejada anteriormente apresentaria; e pode até mesmo não produzir qualquer resultado. Em programas de computador recentes o interagente pode fazer pequenas alterações no *software* através de *macros*. Porém, isso foi previsto na produção do programa e o interagente deve utilizar-se da linguagem proprietária e ajustar-se aos limites impostos.

#### 4. Equilíbrio e equilibração

A questão da abertura dos sistemas nos conduz para uma das discussões mais interessantes no sistemismo: o problema do equilíbrio.

Morin (1990) aponta que os sistemas fechados não dispõem de fonte energética material exterior a ele próprio. Logo, como as trocas de energia e matéria com o exterior são nulas, o sistema fechado (como uma pedra ou mesa) está em estado de equilíbrio. Por outro lado, os sistemas abertos não estão ligados a tal equilíbrio. Na verdade, é o desequilíbrio no fluxo energético que os alimenta, e sem o qual a organização do sistema se desregularia:

"Num primeiro sentido, o desequilíbrio que alimenta permite ao sistema manter-se em aparente equilíbrio, quer dizer, em estado de estabilidade e de continuidade, e este aparente equilíbrio só pode degradar-se se for abandonado a ele próprio, quer dizer, se houver fecho do sistema. Este estado firme, constante e no entanto frágil, *steady state*, tem algo de paradoxal: as estruturas permanecem as mesmas, embora os constituintes sejam mutáveis<sup>6</sup> (Morin, 1990, p. 31).

**O fechamento do sistema, nesse caso, é possível por sua abertura.** E seu fechamento ao mundo exterior é muitas vezes necessário para manter suas estruturas e seu meio interior. Por outro lado, um sistema aberto só pode ser compreendido ao incluir-se nele o seu meio que lhe é ao mesmo tempo estranho e íntimo, além de fazer parte dele, mesmo sendo exterior.



Sendo assim, Morin (p. 32) apresenta algumas conclusões importantes para o entendimento dos sistemas abertos:

"Duas conseqüências capitais decorrem portanto da ideia (sic) de sistema aberto; a primeira é que as leis de organização do ser vivo não são de equilíbrio, mas de desequilíbrio, recuperado ou compensado, de dinamismo estabilizado. (...) A segunda conseqüência, talvez a mais importante, é que a inteligibilidade do sistema deve ser encontrada, não apenas no próprio sistema, mas também na sua relação com o meio, e que esta relação, não é uma simples dependência, é constitutiva do sistema".

Podemos adiantar algumas críticas sobre sistemas informáticos de interação reativa. Primeiramente, cabe relatar a observação de Maruyama (citado por Morin) de que a concepção de qualquer objeto como fechado "provoca uma visão de mundo classificacional, analítica, reducionista, uma causalidade unilinear" (p. 34).

É justamente essa visão da física clássica que freqüentemente guia a implementação de software. Mediante as linguagens de programação mais usuais hoje se torna necessária uma implementação de programas de partes isoladas, de relações lineares, dependentes de hierarquias rígidas. Além disso, por questões de segurança para a manutenção do funcionamento de tais sistemas, eles são "fechados" por seus programadores, o que limita a interação com o meio e impede que os "usuários" possam alterar seu funcionamento previsto.

Se para um ser humano um desequilíbrio dinamiza processos criadores, um computador depende do equilíbrio para que possa funcionar corretamente. O desequilíbrio é pois uma ameaça ao seu funcionamento. Ao implementar um software, a equipe de programação desenvolve regras e relações visando controlar inputs e outputs. Quer-se prever com segurança que o programa funcionará de forma estável, tendo em vista que qualquer falha pode resultar em travamento do software. Nesse caso, talvez seja necessária nova instalação do programa, recuperando suas condições iniciais de equilíbrio. A partir disso, já pode-se perceber uma diferença fundamental, no que se refere a abertura e equilíbrio, que diferencia as interações de sistemas vivo (no caso deste trabalho, o homem) e não-vivo (hardware e software que compõe um computador). Sendo assim, pode-se equiparar (apresentar como semelhantes) a interação de um sujeito com outro e uma interação homem-máquina ou mesmo máquina-máquina?

Jean Piaget parte de questões como abertura e equilíbrio e oferece um dos mais fecundos estudos sobre a interação e cognição humana. Para ele (1977), os equilíbrios mecânicos cessam as modificações ou moderam as perturbações sem oferecer uma compensação completa; o equilíbrio termodinâmico é um repouso da destruição das estruturas; enquanto os equilíbrios cognitivos (objeto de seu estudo) consistem não apenas na formação de equilíbrios novos mas também, em geral, de equilíbrios qualitativamente diferentes<sup>7</sup> – o que Piaget chama de "equilíbrio majorante". Enfim, o termo *equilíbrio* visa chamar a atenção para a *processualidade* de tal equilíbrio dinâmico, que passa por sucessivos desequilíbrios e reequilibrações.

Os desequilíbrios, numa perspectiva de equilíbrio, são uma das fontes de progresso no desenvolvimento dos conhecimentos. São eles que obrigam um sujeito a ultrapassar o seu estado atual e seguir direções novas. Piaget (1977, p. 24-25) afirma que:

"...são de facto (sic) estes desequilíbrios o que constitui o motor da investigação, porque, sem eles, o conhecimento manter-se-ia estático. Mas, também nos dois casos, os desequilíbrios desempenham apenas um papel de arranque, porque a sua fecundidade se mede pela possibilidade de os ultrapassar, por outras palavras, pela possibilidade de livrar-se deles. É evidente, nestas condições, que a fonte real do progresso tem de ser procurada na reequilíbrio, não no sentido, naturalmente, de um regresso à forma de equilíbrio anterior, forma cuja insuficiência é responsável pelo conflito ao qual esta equilíbrio provisória levou, mas sim no sentido de um aperfeiçoamento desta forma precedente. No entanto, não teria havido, sem o desequilíbrio, 'reequilíbrio majorante' (designando desta maneira a reequilíbrio com o aperfeiçoamento obtido)".

Com relação à abertura dos organismos e mais especificamente dos sistemas cognitivos (objeto de estudo de Piaget), ele aponta que são **abertos em um sentido** – o das trocas com o meio – e **fechados noutro** – à medida que são ciclos<sup>8</sup> de processos interdependentes. O funcionamento desses ciclos epistêmicos se daria através de dois processos fundamentais. A *assimilação* seria a incorporação de um elemento exterior a um esquema sensoriomotor ou conceitual do sujeito. Já o processo de *acomodação* se refere às modificações necessárias em função das particularidades dos elementos que se assimila.

A teoria da equilibrção procura explicar como se dá a evolução do sistema cognitivo humano. Mas seria justo transpor tal teoria para o estudo de computadores e suas interações? Ora, avanços de um determinado software dependem de uma equipe de programação responsável pelo mesmo, que determine novas funções e interfaces para o programa. Logo, esse desenvolvimento se dá externamente e tão logo seja finalizado é fechado em código binário, evitando novas modificações por outros programadores. E no caso de problemas com o uso do programa, conforme citado anteriormente, é necessário retornar ao equilíbrio anterior através de nova instalação. Como se pode ver, o software apenas reage passivamente à sua programação inicial e não pode ativamente aproveitar os desequilíbrios para avançar para novas formas equilibradas.

Mas e os chamados "agentes" de inteligência artificial? Eles não seriam ativos e se auto-transformariam? Mais uma vez, não se pode esquecer que toda capacidade de um "agente inteligente", que também é um software informático, depende de sua programação inicial produzida e prevista externamente.

## 5. Máquinas e seres vivos

Se até agora este trabalho se ocupou em apresentar o sistemismo, neste momento encaminha-se a discussão para a diferenciação entre máquinas e seres vivos. A partir disso, poder-se-á colocar em debate se a interação entre máquinas ou entre sujeito e máquina tem a mesma qualidade de uma relação interpessoal (mediada ou não pela máquina).

Capra (1996) em sua diferenciação entre organismos e máquinas cibernéticas aponta como primeira diferença, e com certeza a mais óbvia, o fato de que as máquinas são construídas; já os organismos, crescem. As atividades de uma máquina são pré-determinadas por sua estrutura, ao passo que no organismo é o oposto que ocorre: a estrutura orgânica é determinada por processos (o que advém da organização dinâmica do sistema).

"As máquinas são construídas reunindo-se e montando-se um número bem definido de peças<sup>9</sup> de modo preciso e previamente estabelecido. Os organismos, por outro lado, mostram um elevado grau de flexibilidade e plasticidade internas. O formato de seus componentes pode variar dentro de certos limites, e não há dois organismos que tenham peças rigorosamente idênticas. Embora o organismo como um todo exiba regularidades e tipos de comportamento bem definidos, as relações entre suas partes não são rigidamente determinadas" (Capra, 1996, p. 262).

É essa flexibilidade que permite aos organismos adaptarem-se a situações novas. Entretanto, poderíamos acrescentar que, devido às determinações relacionais entre as partes de uma máquina, tal sistema não pode se adaptar a situações para as quais ela não havia sido preparada.

E como as máquinas são movidas por cadeias lineares (seqüenciais) de causa e efeito, quando algum problema ocorre ele pode ser comumente atribuído a uma causa única. Nos organismos, contudo, os fluxos de informações são cíclicos, guiados por mecanismos de retroalimentação (onde A afeta B, que afeta C, que retroalimenta A, por exemplo). Assim, quando existe alguma "avaria" no sistema, ela quase nunca pode ser atribuída a apenas um fator, tendo em vista os laços interdependentes de realimentação.

Voltando à flexibilidade dos sistemas abertos orgânicos e suas relações dinâmicas, deve-se comentar ainda algumas características relacionadas ao princípio dinâmico. A *auto-organização* é um princípio que mostra que sua ordem em estrutura e função não é determinada pelo meio ambiente, mas pelo próprio sistema. Isso não quer dizer de forma alguma que o sistema orgânico se isole do meio. Pelo contrário, eles estão em permanente interação, mas não é o meio que determina o organismo.

Outra questão que surge a partir do conhecimento de sistemas auto-organizadores e de sua flexibilidade se refere ao chamado "livre-arbítrio". Quanto a esses sistemas, trata-se de uma noção relativa (como na filosofia oriental) envolvendo liberdade e determinismo. Diz-se que se o sistema tem autonomia frente o seu meio ele é livre. E que ele depende do meio se, através da interação contínua entre eles, sua atividade se torna modelada por tais influências. Os sistemas auto-organizadores, então, não se encontram nem em uma relação de dependência absoluta nem de isolamento radical.

Voltemos agora à comparação entre máquinas e organismos vivos para a discussão do equilíbrio em sistemas de auto-organização. Capra (1996) lembra o exemplo de um relógio, que é um sistema relativamente isolado (precisa de energia, mas não necessita interagir com o seu meio para funcionar), cujo mecanismo obedece a segunda lei da termodinâmica, vai da ordem para a desordem. Isto é, todos os processos (movimen-



to, troca de calor, etc.) atingirão eventualmente um estado de equilíbrio – no caso, pararão de funcionar. O mesmo ocorre em todos os sistemas isolados.

Por outro lado, os organismos vivos precisam da falta de equilíbrio para sobreviverem. Por serem sistemas abertos precisam constantemente trocar energia com o meio. O desequilíbrio mantém o sistema em um estado de contínua atividade. Porém, os sistemas auto-organizadores mantêm-se em um alto grau de estabilidade. Tal termo não pode ser visto como sinônimo de fixo, permanente ou inalterável. Capra (1996) prefere distinguir estabilidade de equilíbrio, onde o primeiro apresenta um dinamismo constante, em oposição ao segundo. Piaget (1977), por outro lado, utiliza-se do termo equilíbrio (dividindo-o em dois tipos), onde os sistemas auto-organizadores se diferenciam, por seu *equilíbrio dinâmico*, daqueles fechados, de *equilíbrio estático*.

Mas uma das contribuições mais desafiadoras hoje sobre a especificidade das interações dos seres vivos vem de Maturana e Varela. A já chamada Escola Chilena ergue uma teoria que atualiza o sistemismo pondo em debate novas hipóteses que apontam direções renovadas para esta discussão. Porém, antes de apresentar a oposição que fazem entre seres vivos e máquinas "alopoiéticas" faz-se necessária uma breve revisão de sua perspectiva teórica e do conceito de autopoiese.

Enquanto alguns dos autores já citados utilizam-se do conceito de *auto-organização*, Maturana (1997), por outro lado, o evita. Em sua perspectiva, tal fato não é possível. Para entender-se essa visão, é preciso acompanhar a diferenciação que ele faz entre *organização* e *estrutura*. O primeiro construto refere-se às relações entre as partes que constituem uma unidade composta – que fazem com que a unidade seja o que é. Em uma cadeira, por exemplo, a relação entre suas partes constituem sua organização. Ao serrar-se, quebrar e separar suas partes, ela deixa de ser uma cadeira – perdeu tal organização (aquilo que faz da cadeira uma cadeira). Nesse sentido, Maturana (1997) observa que a organização deve ser invariante, e é por isso que ele evita o conceito "auto-organização".

"Então, a organização é invariante e é comum a todos os membros de uma classe particular de unidades compostas, mas a estrutura é sempre individual. Cada unidade particular tem uma estrutura que realiza a organização, que compreende esses componentes particulares e as relações concretas, particulares, que fazem dela uma unidade em particular" (Maturana, 1997, p. 58).

Duas cadeiras podem ter a mesma organização (por serem reconhecidas como cadeiras), mas estruturas diferentes (uma é de mogno e a outra de cerejeira, por exemplo). Além disso, pode-se mudar a estrutura (riscando a cadeira), sem que se modifique sua organização, sua identidade de classe.

Os seres vivos, sistemas<sup>10</sup> dinâmicos, tem sua estrutura em constante variação. É quando se trata de crescimento e evolução se entende que alguma coisa continua igual – a organização – enquanto outra se transforma – a estrutura.

Maturana ainda aponta que os sistemas são *determinados estruturalmente*. Um sistema vivo em interação com seu meio se altera devido as mudanças no meio, e vice-versa. Mas tais mudanças ocorrem por assim permitir a estrutura do sistema. "Os seres vivos somos sistemas determinados na estrutura, e, como tais, tudo o que nos acontece surge em nós como uma mudança estrutural determinada também a cada instante, segundo nossa estrutura do momento" (Maturana e Varela, 1997, p. 25).

Mas não se deve confundir o *determinismo estrutural*, avisa Maturana, com pré-determinismo e predicibilidade (sic). Por ser determinado estruturalmente não quer dizer que um observador possa prever o que ocorrerá com o sistema.

"...nem sempre podemos conhecer a estrutura de um sistema no momento em que queremos computar suas mudanças estruturais, seja porque não temos acesso a ela, ou porque na tentativa de conhecer dita estrutura a destruímos, ou porque a dinâmica estrutural do sistema é tal que muda recursivamente com suas mudanças de estado, e cada vez que procuramos regularidades em suas respostas ao interagir com ele nos defrontamos com o fato de que sua estrutura mudou e responde de maneira diferente. Os seres vivos são sistemas desta última classe. A noção de pré-determinismo, no entanto, faz referência à possibilidade de que o estado inicial de um sistema determinado em sua estrutura especifique seus estados futuros" (Maturana e Varela, 1997, p. 26).

O principal interesse da Escola Chilena é com a organização e não com a estrutura. A partir disso, Maturana cria o construto *autopoiese* para definir a organização comum a todos os seres vivos.

Nessa visão, o sistema vivo é um sistema fechado, que somente gera estados em *autopoiese*. Trata-se de uma *rede de produções de componentes* onde os componentes produzem o sistema circular que os produz. O construto *autopoiese* foi criado a partir das palavras gregas para "si mesmo" e "produzir", "criar", "construir". Logo, o neologismo *autopoiese* significa "autocriação". Logo, trata-se de uma rede de processos de produção onde cada componente participa da produção ou transformação de outros componentes da rede. Assim, a rede produz a si mesma continuamente. Portanto, a organização dos seres vivos é sua própria produção.

Para avançar-se sobre o conceito de *autopoiese*, primeiro deve-se apresentar a visão da Escola Chilena sobre *máquinas*. Maturana e Varela entendem seu enfoque como *mecanicista* (o termo é aqui empregado de forma diferente do usual), no sentido de não recorrerem a argumentações que não estejam no mundo físico. Mas o que interessa a esses pesquisadores é a organização dos seres vivos, portanto dedicam-se não ao estudo das propriedades de seus componentes, mas sim aos processos, e às relações entre eles, realizados através dos componentes. Em outras palavras, à rede de interações e transformações dos componentes que integram a máquina. E, enfim, consideram o ser vivo como máquina salientando seu dinamismo visível.

"Entre as máquinas, existem aquelas que mantêm algumas de suas variáveis constantes ou dentro de um intervalo limitado de valores. Na organização dessas máquinas, isto deve expressar-se de tal modo que o processo se defina como verificado integralmente dentro dos limites que a própria organização da máquina específica. Tais máquinas são homeostáticas, e toda retroalimentação é interior a elas. Se a pessoa diz que existe uma máquina M com retroalimentação através do meio que a rodeia, tal que os efeitos de sua saída afetam sua entrada, na realidade está falando de uma máquina maior M', que em sua organização definitiva inclui o meio circundante e o circuito de retroalimentação" (Maturana e Varela, 1997, pp. 71-72).

A **máquina autopoietica** é organizada como um sistema de produção de componentes que são concatenados de forma a produzir componentes que: a) gerem processos (relações) de produção que os produzem por meio das suas contínuas interações e transformações; b) e constituem a máquina como uma unidade no espaço físico. A máquina autopoietica é um sistema auto-homeostático que mantêm sua organização como variável constante.

A concatenação autopoietica diferencia esse tipo de máquina de outras unidades. Por exemplo, um cristal, como unidade natural, encontra-se em um domínio diferente da organização autopoietica, tendo em vista que apresenta relações entre componentes, e não relações de produção de componentes; é um domínio de processos, mas não de concatenação de processos. Isso se reconhece ao perceber-se os cristais como estáticos. A máquina autopoietica é dinâmica: as relações espaciais entre seus componentes são especificados pela rede de relações de produção (que constitui sua organização), que estão em contínua troca.

Façamos agora a comparação com uma máquina feita pelo homem, por exemplo um automóvel. Sua organização é determinada em termos de processos. Contudo,

"não são processos de produção de componentes que especifiquem o automóvel como uma unidade, já que aqueles são produzidos por outros processos que não participam na definição da organização do automóvel. Máquinas deste tipo são sistemas dinâmicos não autopoieticos" (Maturana e Varela, 1997, p. 72).

As máquinas autopoieticas são autônomas, em contraposição às **máquinas alopoieticas**, como o automóvel. As primeiras apresentam autonomia pois têm todas as suas mudanças subordinadas à conservação de sua própria conservação organizacional (independente da profundidade das transformações). Já as máquinas alopoieticas não são autônomas pois as mudanças que sofrem em seu funcionamento subordinam-se à produção de algo diferente delas mesmas.

Enquanto as operações das máquinas autopoieticas estabelecem os próprios limites de sua unidade no processo de *autopoiese*, nas máquinas alopoieticas seus limites são determinados pelo observador, que "especificando as superfícies de entrada e de saída, determina o que é pertinente a seu funcionamento" (Maturana e Varela, 1997, p. 73). Nas máquinas autopoieticas a criação das próprias fronteiras define o sistema como uma unidade e especifica o domínio das operações da rede. Por outro lado, as fronteiras das máquinas alopoieticas são determinadas por fatores independentes.

Então, os seres vivos são organizados em um processo circular causal fechado. Tal processo leva em consideração a maneira evolutiva como a circularidade se mantém, mas não permite a perda da própria circularidade. Assim, os componentes que especificam a organização circular devem ser produzidos e manti-



dos por ela. Esse padrão de rede, onde cada componente ajuda a produzir e transformar outros componentes, mantendo a circularidade global da rede, é para Maturana, a organização básica da vida.

A partir da conclusão do fechamento circular do sistema nervoso, Maturana postula que o sistema nervoso é também auto-referente. Portanto a percepção não pode ser vista como mera representação de uma realidade externa existente, independente do organismo vivo. Trata-se de uma criação constante de novas relações na rede neural. Uma realidade então é especificada a partir da organização celular do sistema nervoso. O pesquisador chileno conclui que todo sistema vivo é um sistema cognitivo, onde o próprio processo da vida é um processo cognitivo.

## 6. Sistemas interativos em ambientes informáticos

A partir do referencial teórico abordado, pode-se observar certas características que diferenciam a interação mútua da reativa (levando-se em conta, pois, tal classificação sugerida por este autor). Primeiramente, aponta-se que duas ou mais máquinas autopoieticas podem engajar-se em interação mútua (mediados ou não por uma máquina alopoiética). Por outro lado, a interação entre uma máquina autopoietica e uma alopoiética constitui uma interação reativa. Tendo em vista que a perspectiva deste trabalho não foca apenas o que ocorre individualmente com cada interagente, mas também o que ocorre e é criado *entre* eles, discute-se agora o porquê de tal classificação sugerida.

Conforme a abordagem prévia<sup>11</sup>, em um diálogo interpessoal cada comportamento individual afeta o comportamento do outro interagente, ao mesmo tempo que é afetado pelo outro. As transformações sucessivas que ocorrem não são rigidamente pré-determinadas, pelo contrário, a interação demonstra um alto grau de flexibilidade e indeterminação. E justamente devido a essa flexibilidade, os envolvidos na interação mútua podem lidar com a novidade, com o inesperado, com o imprevisível.

Enquanto isso, a interação a partir de uma máquina alopoiética tem relações previamente estabelecidas (algumas permitidas, outras limitadas ou impossibilitadas). Assim, um sujeito que interage com uma máquina dessas precisa adequar-se aos seus limites – fronteiras essas que não foram e não são criadas por ela mesma, mas impostas a ela. A interação se estabelece como reativa pois deve ocorrer nas cadeias sequenciais de causa e efeito para as quais tal máquina foi preparada. Sendo assim, um problema ocorrido com um dos componentes pode ser a causa pelo rompimento da interação, já que outros caminhos não podem ser *criados* ou *inventados* por essa máquina.

Além disso, é preciso lembrar que uma máquina pode ser dinâmica sem que apresente autopoiese. Máquinas autopoieticas são sistemas de produção de componentes concatenados que geram processos de produção e a constituem como unidade. Isto é, são um domínio de concatenação de processos, onde as relações entre processos de produção estão em troca constante. Cabe aqui fazer notar que mesmo que o computador demonstre uma aparente dinamicidade e que seja determinado por processos, trata-se de um sistema dinâmico não autopoietico. Ele não é especificado como unidade por processos de produção próprios. É produzido por outros processos independentes. Isso limita possibilidades inventivas ou criativas de tais máquinas, já que qualquer transformação depende de processos externos à sua organização.

Como tais máquinas não podem desenvolver autocriação, sua dinamicidade fica atrelada a reações pré-determinadas. Isso limita a interação de uma máquina alopoiética com uma autopoietica. A última pode ajustar-se em relação à primeira, mas o inverso só pode ser verdadeiro se isso for determinado por processos externos à própria máquina. Por exemplo, uma interface não ergonômica de um *software* que dificulte ou até impossibilite a ação de um usuário só pode se transformar se o programador (externo à organização do computador) alterar o código do programa ou acrescentar certas versões alternativas de interface. De outra forma, alguém pode dizer que o chamado *usuário* pode criar atalhos e desvios por sobre as dificuldades interativas impostas, permitindo assim sua ação em uma interface não intuitiva<sup>12</sup>. Entretanto, a interação não é de todo aberta, já que aqueles atalhos e desvios devem estar de acordo com as reações possíveis da máquina alopoiética (isto é, já previstos no código da interface), tendo em vista que esta não poderá inventar artificios de adequação ao imprevisível.

Enfim, máquinas como computadores, por não serem autopoieticas, não apresentam autonomia. Cada transformação levada a cabo em uma máquina autopoietica volta-se sobre si própria, conservando sua organização. Toda mudança é subordinada à conservação de sua própria organização. Já uma máquina alopoiética produz algo diferente dela mesma, por não possuir um sistema de produção de componentes concatenados



que gerem as relações de produção que a produzem. Por exemplo, mesmo experimentos avançados em inteligência artificial de computadores que lidem com língua natural e aparentemente produzem sons, frases e "interpretações" produzem algo diferente de si, visto que a linguagem humana lhes é estranha.

Máquinas como o computador são teleonômicas. Têm sua organização subordinada a um plano definido. Isto é, têm sua organização orientada a uma finalidade. Os *softwares* criados são voltados, cada um, para uma ou mais finalidades específicas. É possível que o dito usuário venha aplicá-lo a uma outra finalidade para a qual não havia (ainda) sido planejado. Essa nova aplicação limita-se, todavia, àquilo que o programa pode fazer, tendo em vista o seu código programado. Quer dizer, seu funcionamento ainda depende do projeto implementado. O *hardware* de máquinas informáticas também é construído para atender certas demandas e resolver problemas específicos. Logo, o funcionamento de máquinas como o computador dependem das finalidades para as quais foram produzidas. A teleonomia está tão arraigada ao computador e seus processos que mesmo em situações onde o programa está em repouso, isto é, sem receber nenhum *input* ele pode ter sido programado para fazer algo (por exemplo, rodar um *screen saver*, mostrar um relógio, carregar um arquivo que deverá ser usado em seguida, etc.)<sup>13</sup>. Tudo isso condiciona a interação.

A teleonomia, para Maturana e Varela (1997, p. 79-80), é uma noção desnecessária, um conceito prescindível para a compreensão da organização do vivo:

"o comportamento que um observador pode presenciar numa máquina autopoietica, é o reflexo da sucessão de trocas que ela experimenta enquanto mantém constante as variáveis afetadas por perturbações e enquanto estabelece os valores em cuja vizinhança se mantém em todo momento essas variáveis. Como essas máquinas autopoieticas não possuem entrada nem saída, toda correlação que o observador pretende revelar entre fatos externos que a perturbam periodicamente e a transição de um estado a outro resultante dessas perturbações pertence à história da máquina no contexto da observação, e não ao funcionamento de sua organização autopoietica".

Quanto a abertura e fechamento de sistemas interativos pode-se concluir que sistemas ditos abertos não permanecem sempre assim, de forma até desprotegida. Os sistemas abertos também se fecham ao mundo exterior, em situações em que isso venha a manter sua integridade. É claro que os sistemas abertos permanecem em interação com o meio, do qual dependem para sua sobrevivência e com o qual trocam energia e matéria. Por outro lado, vale repetir que os sistemas abertos tem uma relação de autonomia com o meio, isto é, nem sua organização nem seu comportamento são impostos pelo meio. Mais uma vez, não se trata nem de dependência absoluta nem isolamento radical.

Essa questão nos conduz mais uma vez para o problema do equilíbrio. Viu-se que em sistemas autopoieticos a falta de equilíbrio serve como "motor de arranque" para o sistema. Contudo em sistemas isolados a falta de equilíbrio prejudica ou até impede o funcionamento do sistema.

Uma outra possibilidade é voltar ao equilíbrio anterior. No caso de sistemas autopoieticos isso não acontece, já que o sistema evolui para um novo equilíbrio. Programas de computador do tipo *Crash Guard* podem dar a falsa aparência de auto-organização (a Escola Chilena preferiria o termo *autopoiese*), ao reconhecer ameaças ao funcionamento do sistema e automaticamente reordená-lo. Porém, programas como esse seguem regras impostas externamente por um programador e fazem com que o sistema volte a um equilíbrio anterior. Já em uma interação homem-máquina o primeiro deve entrar com *inputs* reconhecíveis pelo segundo, garantindo o equilíbrio. Do contrário, o computador pode ignorar a entrada ou até mesmo "trancar" o seu funcionamento.

Com relação à indeterminação (salientada em Prigogine, 1996, e Capra, 1992), também, uma observação apressada pode dar conta de que o computador em uma interação pode trabalhar o desconhecido ou o inesperado. Para um exemplo simples usemos a situação de um processador de texto. O programa não sabe o que vai ser escrito, que conteúdos virão e que ações o usuário tomará (dar negrito, quebrar a página, etc.). Por outro lado, a semântica dos conteúdos não é considerada nessa situação.

Os *inputs* do usuário deverão ser apenas aqueles suportados pela máquina (*hardware* e *software*). O usuário precisa aprender como usar o programa e ajustar-se as suas possibilidades e, principalmente, às suas limitações. A interação se torna então reativa, e transita pelo pré-determinado. Já em uma interação de duas pessoas em um *chat* a interação é *inventada* entre elas. Claro, existem códigos compartilhados que oferecem certos limites, mas até isso pode ser subvertido e transformado no curso da interação. Os dois interagentes passam a se implicar mutuamente: o primeiro modifica o outro, é modificado por ele e também por suas



próprias ações. As fronteiras dessa interação são também criadas nela. Podem até ser ampliadas e partir do contato virtual para o interpessoal (face-a-face). Isto é, o contexto será modificado, mas a interação continua.

Finalmente, quando aqui se fala de interações relativas não se está focando em um ou outro interagente, mas o que ocorre entre eles. Em uma interação de um humano com uma enciclopédia digital, por exemplo, fica claro que o primeiro manifesta auto-poiese, se modifica e cria novas relações próprias no contato com o conteúdo do CD-ROM. Porém, o que acontece *entre* os interagentes é uma interação que se rende a diversas pré-determinações impostas pela máquina alopoiética, cujas relações próprias não se "auto-criam". Por mais que componentes possam ser alterados, acrescentados ou subtraídos, pelo "usuário" (como acréscimos de *plug-ins*, por exemplo) as relações entre os componentes do sistema informático são pré-determinadas por fatores independentes. A conduta desse sistema é imposta (não pode ser criada pela própria máquina). Não há concatenação dos processos próprios, o que permitiria influir sobre a ação própria. Isso então repercute no encontro entre os interagentes e o que aí ocorre. Por fim, as alterações que o usuário possa a vir fazer, naquilo que lhe for permitido, também atuarão como fator externo, sem que uma real transação mútua seja conduzida. Por outro lado, a interação do interagente vivo com o exterior não se dá por imposição, haja vista sua autonomia e auto-poiese.

É bem verdade que muito na informática tem sido programado com a boa intenção de aproximar os *softwares* de uma perspectiva sistêmica, modelizando também o pensamento humano. O que acontece é que a visão do pensamento humano têm sido fornecida para a informática pela chamada "ciência cognitiva experimental". Muito dessa perspectiva tem tido um bom casamento com a informática pois tal paradigma permite a implementação de seus preceitos. Outras perspectivas não têm tido o mesmo sucesso na ciência da computação e na inteligência artificial justamente por *dificultar* a implementação. Por exemplo, o princípio da interdependência dificulta ou até impossibilita a programação pois as interligações em programação precisam ser declaradas, definidas. Como o conjunto das interconexões se torna inquantificável, o trabalho se torna infinito e não plenamente manipulável ou controlável. Além disso, assumir-se que o sistema mental humano está em permanente transformação também inviabiliza uma programação que simule tal fenômeno. Se a programação precisa lidar com variáveis e seu controle, como lidar com componentes que não sejam discretos, isto é, não tenham limites e fronteiras distintos e permanentes (já que estariam mudando no decorrer das interações).

Façamo-nos acompanhar mais uma vez por Morin (1990). O autor faz uma distinção inicial entre organicismo e organizacionismo. O organicismo concebe um organismo como uma totalidade organizada harmoniosamente. Já o organizacionismo seria um desenvolvimento em progresso da teoria sistêmica, que se dedica ao estudo da organização, seus princípios, sua evolução e diversificação. A analogia de um sistema informático com um organismo poderia indicar um caminho certo para a construção de sistemas artificiais antropomórficos. Contudo, o ser humano não é uma organização de equilíbrio estático em perfeita harmonia, o que já impossibilita o sucesso da implementação.

O problema da analogia de outros sistemas com um organismo biológico vivo, segundo Morin, é de que era insípida, trivial e superficial. Segundo ele, porém, mesmo o organicismo já apontava que o organismo tem uma organização rica e complexa que não pode ser reduzida a leis lineares, a princípios simples e idéias distintas. Isto é, não caberia uma visão mecanicista. Portanto, a organização vital não poderia ser compreendida pela mesma lógica que rege a máquina artificial. Entende-se que o organismo também seja uma máquina no sentido de ser uma totalidade organizada. Mas trata-se de um sentido diferente daquele da máquina artificial. Não se deve orientar então por um reducionismo analítico e mecanicista (o que facilitaria o trabalho de programação) mas por uma realidade organizacional viva. É na noção de auto-organização que as duas perspectivas podem se encontrar. Portanto, é com a vida que a noção de organização ganha uma consistência organizacional. "É aí que aparecem traços fundamentais inexistentes nas máquinas artificiais: uma relação nova por referência à entropia; uma lógica muito mais complexa e sem dúvida diferente da de qualquer máquina artificial".

## 7. Notas do texto

- <sup>1</sup> Esse trabalho foi apresentado na XXI Intercom, em 1998 no Recife, e foi publicado pela Revista da Famescos n. 12, da PUCRS. O texto também pode ser encontrado no <http://site.usr.psyco.ufrgs.br/~aprimo>
- <sup>2</sup> Bertalanffy dirigiu o longa-metragem *Ponto de Mutação* baseado em obra homônima de seu irmão, onde apresenta os princípios da teoria dos sistemas.
- <sup>3</sup> Maturana e Varela vão apresentar uma visão diferente de "máquina", como se verá mais adiante.

- <sup>4</sup> O que leva-se em conta aqui são os sistemas abertos e suas relações.
- <sup>5</sup> *Chatterbots* são robôs de conversação, *softwares* que simulam diálogos em linguagem natural. O autor deste trabalho mantém uma *chatterbot*, pioneira na Web brasileira, no endereço <http://cybelle.cjb.net>
- <sup>6</sup> Maturana e Varela diriam que a organização permanece a mesma, enquanto a estrutura pode variar, como se verá adiante.
- <sup>7</sup> Piaget considera-os equilíbrios melhores. Mas o autor deste trabalho prefere os entender como novos equilíbrios de crescente complexidade.
- <sup>8</sup> O epistemólogo de Genebra invoca muitas vezes a imagem de uma espiral para representar tais ciclos. Essa metáfora evita o entendimento de que tais ciclos se dêem de forma repetida e mecânica, voltando sempre ao ponto inicial. A espiral demonstra que quando o ciclo volta sobre si já encontra o sistema diferente.
- <sup>9</sup> Poderíamos acrescentar, com relação ao *software*, um número finito de instruções, algoritmos, regras, etc.
- <sup>10</sup> Em Maturana e Varela (1997, 138), sistema se define como "qualquer conjunto que possa ser analisado de componentes que se especificam constituindo uma unidade".
- <sup>11</sup> No artigo "Interação mútua e reativa: uma proposta de estudo", deste mesmo autor.
- <sup>12</sup> Utiliza-se aqui termos comuns à indústria de softwares, como "usuário" e "interface intuitiva" (isto é, que se aprende a usar com facilidade).
- <sup>13</sup> Em alguns programas de autoria o comando para isso é "on IDLE".

## 8. Referências bibliográficas

- BERTALANFFY, Ludwig Von. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1977.
- CAPRA, Fritjof. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix, 1996.
- \_\_\_\_\_. *O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente*. São Paulo: Cultrix, 1982.
- FISHER, B. A. *Interpersonal communication: pragmatics of human relationships*. New York: Random House, 1987.
- LITTLEJOHN, Stephen W. *Theories of human communication* (4. ed.). Belmont, CA: Wadsworth, 1992.
- \_\_\_\_\_. *Theories of human communication*. 4. ed. Belmont, California: Wadsworth, 1992.
- LUHMANN, Niklas. *A nova teoria dos sistemas*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1997.
- \_\_\_\_\_. *Social Systems*. Stanford: Stanford University Press, 1995.
- MATURANA, Humberto e VARELA, Francisco. *De máquinas e seres vivos: autopoiese – a organização do vivo*. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- \_\_\_\_\_. *El árbol del conocimiento; las bases biológicas del entendimiento humano*. 7. ed. Santiago del Chile: Editorial Universitaria, 1990.
- MATURANA, Humberto. *A ontologia da realidade*. Belo Horizonte: UFMG, 1997.
- MONGE, P.R. The system perspective as a theoretical basis for the study of human communication. *Communication Quarterly*. v.25, n.1, p.19-29, 1977.
- MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. 2. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.
- PIAGET, Jean. *O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio das estruturas cognitivas*. Lisboa: Dom Quixote, 1977.
- PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Unesp, 1996.
- PRIMO, Alex Fernando Teixeira Primo. Interação mútua e interação reativa: uma proposta de estudo. *Revista da FAMECOS*, PUC-RS, n.12, p.81-92, 2000.
- TORRES, Javier. Invitación a la lectura de la obra de Maturana. In Maturana, Humberto *La realidad: objetiva o construida?* Barcelona: Anthropos, 1995. pp. IX-XXVII.
- WATZLAWICK, Paul, BEAVIN, Janet Helmick e JACKSON, Don D. *Pragmática da comunicação humana*. São Paulo: Cultrix, 1993.