

## Sistemas de Interação

Alex F. T. Primo<sup>1</sup>

### Resumo

Apresenta-se uma revisão do sistemismo a partir de autores como 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 como partida os tipos de interação mútua e reativa, estuda-se as características dos sistemas que as compõe e dos quais fazem parte.

### 1. Introdução

Este trabalho dá continuidade aos estudos de interação em ambientes informáticos iniciados no trabalho “Interação Mútua e Interação Reativa: uma proposta de estudo”<sup>2</sup>. O que se pretende é revisar como a visão sistêmica tem evoluído, como alguns dos mais importantes pensadores da contemporaneidade têm lidado com tais conteúdos e, a partir disso, aplicar esses conhecimentos ao estudo da interatividade mediada por computador.

### 2. Sistemas abertos e fechados

Existem muitos estudos apontando características sistêmicas. A seguir, faz-se um breve relato dessas características consagradas nos estudos clássicos de teoria dos sistemas. Mais tarde, apresentar-se-á como tais princípios têm sido vistos e aplicados na atualidade.

**Abertura** é um dos princípios da teoria dos sistemas mais discutidos. Cada sistema é aberto em certo grau. Basicamente um *sistema aberto* é aquele que interage

---

<sup>1</sup> Professor da Fabico/UFRGS; Mestre em Jornalismo/Ball State University; Doutorando em Informática na Educação/UFRGS; e-mail: [aprino@iname.com](mailto:aprino@iname.com)

<sup>2</sup> Esse trabalho foi apresentado na XXI Intercom, em Recife, e será publicado pela Revista da Famecos, da PUCRS. O texto também pode ser encontrado no site [usr.psico.ufrgs.br/~aprino](http://usr.psico.ufrgs.br/~aprino)

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 é visto a afetar 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.

Discute-se a seguir algumas propriedades dos *sistemas abertos* (Watzlawick, Beavin e Jackson, 1993).

**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 tem a mesma chance de atingir os mesmos resultados, determinado pelos parâmetros do sistema. Portanto, para a pragmática a organização atual da interação tem importância mais importante do que sua gênese. Dessa forma, não se pode confundir a *origem* de uma coisa com sua *significação*. Realmente, 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 poderíamos já supor que, quanto aos **sistemas** que compõem, a *interação mútua* se caracteriza como um *sistema aberto*, enquanto a *interação reativa*<sup>3</sup> se caracteriza como um *sistema fechado*. 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 existirem constantes trocas entre eles. Por conseguinte, os sistemas interativos mútuos estão voltados para a evolução e desenvolvimento. E por engajar agentes 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.

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. 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.

---

<sup>3</sup> Ver "Interação mútua e reativa: uma proposta de estudo".

### 3. Morin e a perspectiva sistêmica

Edgar Morin (1990) 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. Na verdade, diz-se que a perspectiva sistêmica é 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.

Os sistemas fechados, segundo Morin (1990), 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 abundando 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>4</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.

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).

Essa foi a visão da física clássica, e em muitos momentos guia a implementação de *software*. Mediante as linguagens de programação mais usuais hoje se torna necessário normalmente uma implementação de programas dependentes de hierarquias rígidas, que isolam partes e de relações lineares. Além disso, por questões de segurança para a manutenção do funcionamento de tais sistemas eles são fechados por seus programadores o que limita qualquer interação com o meio.

#### **4. O sistemismo de Fritjof Capra**

Capra (1982) afirma que a maior parte da medicina e da biologia têm 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 mecânica (ossos, músculos, circulação sanguínea, etc.), mas isso de forma

---

<sup>4</sup> Maturana e Varela diriam que a organização permanece a mesma, enquanto a estrutura pode variar,

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>5</sup>.

A concepção sistêmica<sup>6</sup>, conforme aponta Capra, vê o mundo em termos de relações e de integração. Sendo assim, as propriedades dos sistemas não podem ser reduzidas à 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. Trata-se de uma abordagem diferente, pois em vez de focar-se nos substâncias e elementos básicos o sistemismo enfatiza os princípios básicos de organização. Vale lembrar, todavia que os sistemas não se limitam a organismos individuais e suas partes, já que os mesmos aspectos de totalidade se estendem aos sistemas sociais (como uma família humana ou um formigueiro) e aos ecossistemas<sup>7</sup>. “Todos esses sistemas naturais são totalidades cujas estruturas específicas resultam das interações e interdependência de suas partes. A atividade dos sistemas envolve um processo conhecido como transação – a *interação simultânea e mutuamente interdependente entre componentes múltiplos*” [grifo meu] (p. 260).

Outro aspecto importante em relação aos sistemas abertos é que são de natureza intrinsecamente dinâmicos, já que suas formas não são estruturas rígidas, mas manifestações flexíveis (mesmo que estáveis) de processos subjacentes. “O pensamento sistêmico é pensamento de processo; a forma torna-se associada ao processo, a inter-relação à interação, e os opostos são unificados através da oscilação” (p. 261).

Bem, isso posto, vale agora diferenciar organismos de máquina cibernéticas. A primeira diferença, e com certeza a mais óbvia, é que as máquinas são construídas enquanto 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).

---

como se verá adiante.

<sup>5</sup> Maturana e Varela vão apresentar uma visão diferente de “máquina”, como se verá mais adiante.

<sup>6</sup> O que leva-se em conta aqui são os sistemas abertos e suas relações.

<sup>7</sup> Tratando de interação mútua em ecossistemas, Capra (1982, p. 260) comenta que “o que se preserva numa região selvagem não são árvores ou organismos individuais, mas a teia complexa de relações entre eles”.

“As máquinas são construídas reunindo-se e montando-se um número bem definido de peças<sup>8</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” (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 (como pressupõe o *behaviorismo*).

Outra questão que surge a partir do conhecimento de sistemas auto-organizadores e de sua flexibilidade se refere ao chamado “livre-arbítrio”. Em relação a esses sistemas, trata-se de uma noção relativa (como na filosofia oriental) envolvendo

---

<sup>8</sup> Poderíamos acrescentar, com relação ao *software*, um número finito de instruções, algoritmos, regras,

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 á comparação entre máquinas e organismos vivos para a discussão do equilíbrio em sistemas de auto-organização. Capra 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 (movimento, 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 prefere distinguir estabilidade de equilíbrio, onde o primeiro apresenta um dinamismo constante, em oposição ao segundo. Piaget, 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*. É nesse sentido que Piaget ergue sua teoria de “equilibração”.

##### **5. A teoria da Equilibração de Piaget**

Para Piaget (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

---

etc.



novos mas também, em geral, de equilíbrios qualitativamente diferentes<sup>9</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 se 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>10</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

---

<sup>9</sup> Piaget considera-os equilíbrios melhores. Mas o autor deste trabalho prefere os entender como novos equilíbrios de crescente complexidade.

<sup>10</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.

refere às modificações necessárias em função das particularidades dos elementos que se assimila.

## **6. Autopoiese e a organização do vivo**

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 se serrar, quebrar e separar suas partes, ela deixa de ser uma cadeira – perdeu tal organização (aquilo que faz da cadeira uma cadeira). Nesse sentido, Maturana observa que a organização deve ser invariante, e é por isso que ele evita o conceito “auto-organização”.

Importa agora apresentar como organização e estrutura se diferenciam a partir dessa perspectiva:

“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” (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>11</sup> dinâmicos, tem sua estrutura em constante variação. E 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 (sic) sistemas vivos 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 destruimos, 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” (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 os sistema circular que os produz. O construto *autopoiese* foi criado a partir

---

<sup>11</sup> Em Maturana e Varela (1997, 138), sistema se define como “qualquer conjunto que possa ser analisado

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.

No entanto, a organização dos sistemas vivos independe das propriedades de seus componentes. Dessa forma, uma dada organização pode ser incorporada de formas distintas através de tipos diferentes de componentes. Além disso, a autopoiese seria o padrão geral da organização dos seres vivos, qualquer que seja a natureza de seus componentes.

Para avançarmos sobre o conceito de autopoiese, primeiro discutir-se-á 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 à 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 as relações entre eles, realizados através dos componentes. Em outras palavras, a 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

---

de componentes que se especificam constituindo uma unidade”.

definitória inclui o meio circundante e o circuito de retroalimentação” (Maturana e Varela, 1997, pp. 71-72).

Cabe agora explicitar-se as características das máquinas autopoietica (e posteriormente, diferenciá-la das alopoieticas).

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 um unidade no espaço físico. A máquina autopoietica é um sistema auto-homeostático que mantém 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” (p. 72).

As máquinas autopoieticas são autônomas, em contraposição às máquinas alopoieticas, como o automóvel. As primeiras apresentam autonomia pois tem todas as suas mudanças subordinadas a 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” (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.

Capra (1996, p. 140) resume o exposto até aqui da seguinte forma:

“Uma vez que todos os componentes de uma rede autopoietica são produzidos por outros componentes na rede, todo o sistema é *organizacionalmente fechado*, mesmo sendo aberto com relação ao fluxo de energia e de matéria. Esse fechamento organizacional implica que um sistema vivo é auto-organizador<sup>12</sup> no sentido de que sua ordem e seu comportamento não são impostos pelo meio ambiente, mas são estabelecidos pelo próprio sistema. Em outras palavras, os sistemas vivos são autônomos. Isto não significa que são isolados do seu meio ambiente. Pelo contrário, interagem com o meio ambiente por intermédio de um intercâmbio contínuo de energia e de matéria. Mas essa interação não determina sua organização – eles são *auto-organizadores*. Então, a autopoiese é vista como padrão subjacente ao fenômeno da auto-organização, ou autonomia, que é tão característico de todos os sistemas vivos”.

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 mantidos 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.

---

<sup>12</sup> Capra utiliza-se do conceito de auto-organização, usual em teoria dos sistemas, mas que Maturana evita em favor do conceito de autopoiese.

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.

### **7. Sistemas interativos em ambientes informáticos**

A partir do referencial teórico abordado, pode-se observar certas características que diferenciam a interação mútua da reativa. Primeiramente, aponta-se que duas ou mais máquinas autopoieticas podem engajar-se em interação mútua. Por outro lado, a interação entre uma máquina autopoietica e uma alopoietica 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, 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 imprevisto.

Pode-se a partir disso se recorrer ao conceito de *acoplamento estrutural*, da teoria da autopoiese. Quando a conduta de uma ou mais unidades autopoieticas é função das demais, diz-se que estão acopladas nesse domínio. “O acoplamento surge como resultado das modificações mútuas que as unidades interagentes sofrem, sem perder sua identidade, no decurso de suas interações” (Maturana e Varela, 1997, p. 103). Nesse sentido, os sistemas autopoieticos interatuam entre si sem perder a identidade. As modalidades respectivas de autopoiese constituem “fontes de perturbações mútuas compensáveis”. Enfim, como dizem os mesmos autores em outro lugar (1990, p. 50),

duas ou mais unidades autopoieticas podem encontrar-se ontogeneticamente acopladas quando as suas interações adquirem um caráter recorrente ou muito estável. Os autores ainda lembram que toda ontogenia<sup>13</sup> se dá em um meio. Deve-se então também salientar que se as interações entre a unidade e o meio são recorrentes<sup>14</sup> elas constituem perturbações recíprocas. “En estas interacciones la estructura del medio sólo gatilla los cambios estructurales de las unidades autopoieticas (no los determina ni instruye) y viceversa para el medio. El resultado será una historia de mutuos cambios estructurales concordantes mientras no se desintegren: habrá *acoplamiento estructural*”.

Enquanto isso, a interação a partir de uma máquina alopoiética tem relações previamente estabelecidas (algumas permitidas, outras limitadas). Assim, quem 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 seqüenciais 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*.

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.

---

<sup>13</sup> “A ontogenia é a história de transformação de uma unidade. Em conseqüência, a ontogenia de um sistema vivo é a história da conservação de sua identidade através de sua autopoiese continuada no espaço físico”(Maturana e Varela (1997, p. 137).

<sup>14</sup> No glossário de Maturana e Varela (1990) os termos “recursivo” e “recorrente” aparecem como sinônimos de “que vuelve sobre sí mismo”.



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 a 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) altere o código do programa ou acrescentar certas versões alternativas de interface. De outra forma, o chamado usuário pode inventar atalhos e desvios por sobre as dificuldades interativas impostas, permitindo assim sua ação em uma interface não intuitiva<sup>15</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, tendo em vista que esta não poderá inventar artifícios de adequação ao imprevisto.

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 produz. 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 lhe 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

---

<sup>15</sup> Utiliza-se aqui termos comuns à indústria de softwares, como “usuário” e “interface intuitiva”.

funcionamento ainda depende do projeto implementado. O *hardware* de máquinas informáticas também são construídos para atender certas demandas e resolver problemas específicos. Logo, o funcionamento de máquinas como o computador dependem das finalidades para as quais foram produzidos. 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>16</sup>. Tudo isso condiciona a interação.

A teleonomia, para Maturana e Varela, 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 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 trata-se nem de dependência absoluta nem isolamento radical.

---

<sup>16</sup> Em alguns programas de autoria o comando para isso é “*on IDLE*”.

Essa questão nos conduz mais uma vez para o problema do equilíbrio. Viu-se que em sistemas abertos 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 abertos 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. 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 a indeterminação (salientado em Pringogine, 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, as 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, 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 reativas 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 autopoiese, 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 até serem 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 mútua transação real seja conduzida. Por outro lado, a interação do interagente vivo com o exterior não se dá por imposição, haja vista sua autonomia e autopoiese.

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 tem 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 tem 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 precisam ser declaradas, definidas e programadas. 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 mutando no decorrer das interações).

Façamo-nos acompanhar mais uma vez por Morin. 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, 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 organismica. “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.

### **Referências bibliográficas**

- CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996.
- CAPRA, Fritjof. **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, California: Wadsworth, 1992.
- MATURANA, Humberto. **A ontologia da realidade**. Belo Horizonte: UFMG, 1997.
- MATURANA, Humberto e VARELA, Francisco. **De máquinas e seres vivos: autopoiese – a organização do vivo**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- MATURANA, Humberto e VARELA, Francisco. **El árbol del conocimiento; las bases biológicas del entendimiento humano**. 7. ed. Santiago del Chile: Editorial Universitaria, 1990.
- 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: equilibração das estruturas cognitivas**. Lisboa; Dom Quixote, 1977.
- PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. São Paulo: Unesp, 1996.
- WATZLAWICK, Paul, BEAVIN, Janet Helmick e JACKSON, Don D. **Pragmática da comunicação humana**. São Paulo: Cultrix, 1993.