

TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO: DO CENTRADO AO ACENTRADO

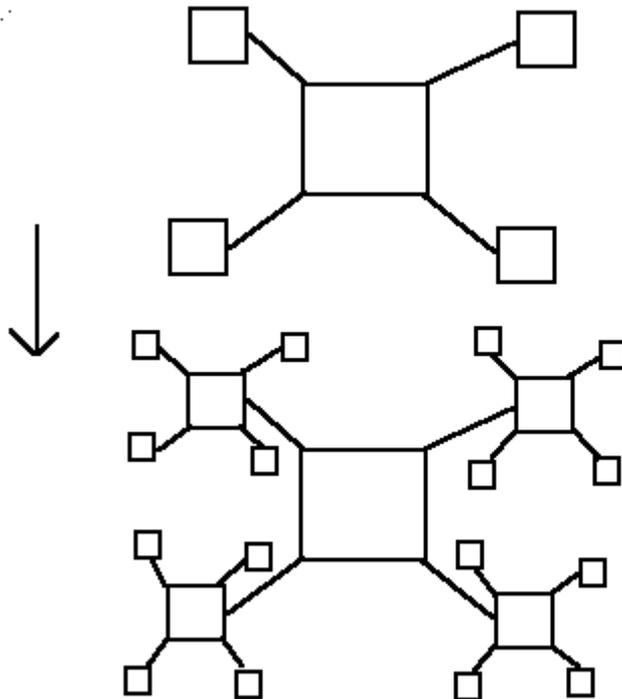
António Machuco Rosa

Exemplificaremos e tornaremos plausível neste artigo a hipótese segundo a qual as estruturas, as organizações que realizam funcionalmente essas estruturas, assim como a informação que elas processam, se podem classificar em torno de dois pólos em oposição: as estruturas centradas e as estruturas acentradas¹. Esses dois tipos de estruturas são gerais não apenas no sentido de eventualmente fornecerem uma taxonomia classificatória exaustiva, mas também por serem independentes da natureza específica dos elementos que constituem e realizam a função da estrutura em questão. Centrado/Acentrado são pois princípios presentes em organizações com natureza e função diferenciada. Um dos objectivos deste artigo consiste em identificar algumas das organizações que, sendo funcionalmente diferenciadas, realizam o mesmo princípio estrutural.

I

Analisemos o conceito de estrutura centrada. Tal como a expressão "estrutura" visa indicar, sustenta-se aqui que uma estrutura centrada pode ser representada de modo formal (ou sintáctico), independentemente da sua realização funcional (ou semântica). Essa estrutura formal é dada pela seguinte figura:

¹ Para uma primeira aproximação à ideia aqui desenvolvida cf. Petitot, 1988.



No primeiro diagrama da figura temos uma estrutura representando o exemplo talvez mais elementar de organização: um centro controlando periferias. Não é exactamente isso que aqui se entende por estrutura centrada. Na realidade, podemos definir sobre esse diagrama uma função, diversos níveis e uma relação de ordem, o que tem como efeito reproduzir de modo invariante o diagrama inicial. Obtemos então o diagrama de baixo, transformado do de cima. Precisando algebricamente essa ideia, temos que cada nível do diagrama é indexado por $i = 0, 1, 2, 3, \dots$. Quanto à ordem de cada elemento dentro de cada nível, ela é dada por $j = 0, 1, 2, 3, \dots$. Cada elemento da estrutura fica então determinado biunivocamente pelo par ordenado (i, j) , com $i \geq 0$. Definimos ainda um operador ou função de, S , tal que

$$S(i, j) = \begin{cases} (i + 1, 4j); (i + 1, 4j + 1) \\ (i + 1, 4j + 2); (i + 1, 4j + 3) \end{cases}$$

Este operador completa a definição de estrutura centrada.

A função e ordem definida fazem com que a reprodução invariante do diagrama inicial se realize segundo uma *hierarquia*. E como temos uma função recursiva, essa hierarquia pode reproduzir-se indefinidamente devido à simples iteração da função. Ora, nota-se que essa autoreprodução faz com que *localmente* se observe a mesma estrutura que a estrutura presente no processo *globalmente* considerado. A ser

assim, teríamos de facto uma invariância total, pois local e global coincidiriam. Essa inexistência de diferença entre o ponto de vista local e o ponto de vista global parece ser uma característica típica das estruturas centradas. Mas esta última afirmação sofre uma restrição importante. Na realidade, a invariância não é total visto existir um *absoluto*. Esse absoluto é a raiz ou centro inicial a partir do qual surge a *primeira* ramificação. Existe pois uma dominação absoluta. No entanto, dada uma raiz ou ramificação inicial, a estrutura reproduz-se de forma invariante, *reproduzindo a relação hierárquica presente na primeira ramificação*. Entendemos por *estrutura centrada* precisamente a reprodução invariante e hierárquica de uma raiz inicial. Decorre dessa definição que uma estrutura centrada possui capacidade organizacional - gera organização - por recursivamente se poder reproduzir de forma invariante. Note-se que, nesta definição geral, não se faz apelo a qualquer "vontade central organizadora". No fundo, temos estado a afirmar a existência de uma mecânica - um *algoritmo* - subjacente às organizações centradas.

É evidente existirem múltiplas organizações realizando funcionalmente a estrutura acabada de apresentar. Apresentaremos aqui dois exemplos.

O primeiro decorre do projecto inicial das ciências cognitivas clássicas. Em torno da ideia da "mente como processadora de informação", as ciências cognitivas clássicas conjecturam que as operações cognitivas se encontram localizadas em certos módulos específicos, cada um recebendo, transformando e enviando informação para um outro, a totalidade do processo sendo coordenada por uma espécie de "processador central da informação". É interessante apresentar aqui o resumo da doutrina proposto por Johnson-Laird (Johnson-Laird 1993) visto este autor não se limitar a comparar a arquitectura da mente às arquitecturas dos computadores clássicos. Ele também a compara (Idem, p. 354) a uma cadeia de montagem: um operário (um módulo) recebe o material sob uma certa forma (input), transforma-o (processa informação), e passa-o (output) para o elo seguinte da cadeia (um novo módulo onde o processo se repete). E, como em qualquer fábrica, à modularidade associa-se a hierarquia. Assim, e em geral, "a hierarquia proposta consiste numa hierarquia de processadores paralelos. O sistema operativo ao mais alto nível tem acesso aos conteúdos da memória de trabalho: eles são tudo aquilo que ele pode utilizar para determinar o curso da sua acção" (p.366). Temos pois uma hierarquia modular e hierárquica de processadores, existindo um processador (a "consciência", ou o CPU no

caso de um computador) que se encontra em posição absoluta de controlo. Repita-se que está aqui implícita uma analogia estrutural entre a mente e uma cadeia de montagem.

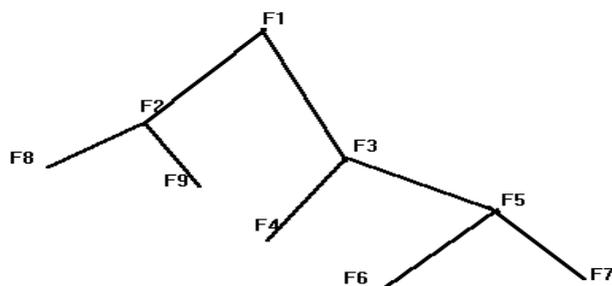
A hipótese cognitiva acabada de esquematizar recebeu concretização no bem conhecido projecto da Inteligência Artificial Clássica. Isso torna-se claro num dos programas que se tornou típico para muita da investigação nessa área: o algoritmo do *General Problem Solver* (Newell e Simon, 1963). Esse algoritmo é um bom exemplo de processamento centrado, hierárquico e modular da informação.

O *General Problem Solver* (GPS) é um algoritmo que funciona por sucessivas reduções da diferença entre uma situação inicial e um problema final que se quer solucionar. Isso realiza-se através da decomposição do problema final (ou principal) em diversos sub-problemas, sendo a solução de cada um destes sub-problemas que vai reduzindo a diferença para a solução final. Em cada passo da execução do algoritmo, cada um dos sub-problemas é momentaneamente considerado como o fim dominante a atingir, ocupando o topo de uma hierarquia. Um certo sub-problema resolvido, um outro ocupa então o topo até não restar senão o problema principal ou fim último a atingir.

Um esquema geral do algoritmo pode ser o seguinte:

- Instala-se Fim1 (o problema principal).
- Mas Fim1 apenas é resolúvel resolvendo Fim2.
 - Instala-se Fim2 e resolve-se esse fim. Isso reduz a diferença para Fim1.
- Reinstala-se Fim1.
- Mas Fim1 apenas é resolúvel resolvendo Fim3.
- Instala-se Fim3.
- Mas Fim3 apenas se resolve resolvendo Fim4 e Fim5.
- Instala-se Fim 4 e resolve-se. Isso reduz a diferença para Fim3.
- Instala-se Fim5 e resolve-se. Isso reduz a diferença para Fim3.
- Reinstala-se Fim3 e resolve-se. Isso reduz a diferença para Fim1.
- Reinstala-se Fim1 e verifica-se que este é imediatamente resolúvel.

De um forma ligeiramente mais desenvolvida, o algoritmo pode ser representado por uma estrutura em árvore como a seguinte:



Verifica-se que o GPS exhibe localmente um estrutura invariante, que consiste em um problema controlar dois sub-problemas. Esta estrutura local pode coincidir com a estrutura global. No entanto, e de acordo com a definição geral de estrutura centrada, essa invariância é em certo sentido destruída por o problema final se encontrar numa posição de dominação absoluta face a todos os outros sub-problemas. O GPS possui uma raiz absoluta representando o fim ou problema principal a atingir. É essa representação global que acaba por determinar os passos intermédios mais locais: o local está pois determinando e especificado *a priori* por uma representação global e centrada do espaço de soluções do problema. Note-se que essa representação global equivale ao conceito tradicional de *finalidade*, conceito aqui subjacente a todo o processo.

O GPS exhibe uma auto-reprodução quase invariante gerada por uma aplicação recursiva. Decorre daí uma hierarquia de níveis, cada nível possuindo *módulos*. Se, do ponto de vista formal, o diagrama consiste na aplicação recursiva de uma função, esse ponto de vista formal deixa-se imediatamente interpretar em termos funcionais. De facto, cada nível desempenha uma função de *controlo* hierárquico em relação a níveis inferiores (cada sub-problema é controlado por um problema), ao mesmo tempo que se introduz uma relação lógica de especificação (cada sub-problema é mais específico que o problema que o controla). Quanto aos módulos dentro dos níveis, eles são funcionalmente independentes uns dos outros, podendo ser resolvidos independentemente da solução dos outros módulos do mesmo nível. Finalmente, a representação global do processo - a adequação de todos os meios a todos os fins - acaba por incumbir à raiz ou, em termos mais gerais, a um "sistema operativo central", análogo de um "eu" central cognitivo.

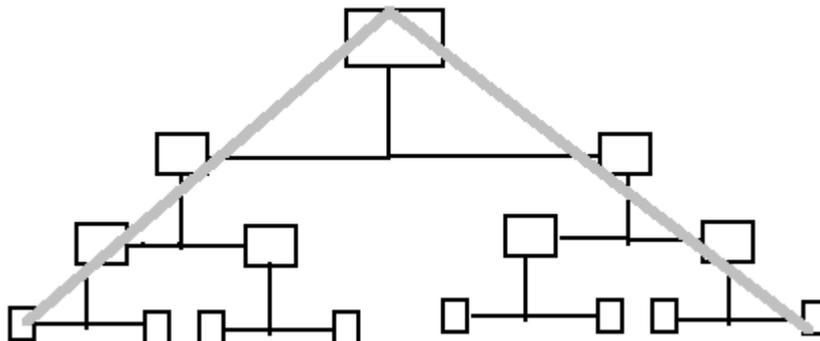
Esta adequação da representação formal - aplicação recursiva de uma regra - à representação funcional - módulos hierarquizados, independentes, sem interacção e dedicados a uma tarefa tão específica quanto possível - faz muita da força dos sistemas centrados.

Isso ainda se torna mais claro no segundo exemplo de estrutura centrada. Reencontramos aí a adequação entre forma e função. Esse exemplo mostra ainda que a analogia proposta por Johnson-Laird tem efectivamente como fundamento a noção de estrutura centrada. Trata-se da teoria clássica da gestão empresarial.

Recorde-se que a Teoria Clássica foi exposta sistematicamente pela primeira vez por H. de Fayol em 1916, as empresas passando então a ser consideradas como Organizações. Nessas Organizações, as funções administrativas "coordenam e sincronizam as demais funções da empresa, pairando sempre acima delas" (I. Chiavenato, 1993, p. 108). Quanto à estrutura da Organização, ela baseia-se nos seguintes princípios:

- Divisão e especialização do trabalho.
- Autoridade e responsabilidade.
- Unidade de comando (princípio da autoridade única).
- Unidade de direcção.
- Centralização (concentração do poder no topo).
- Hierarquia (uma ordem passa por toda a cadeia de comando até chegar ao ponto onde deve ser executada).

Esses princípios são usualmente representados pelo conhecido diagrama em pirâmide:



Como imediatamente se verifica, trata-se de um diagrama formalmente idêntico ao diagrama geral que apresentámos para as estruturas centradas (em vez de 4 elementos em cada nível temos agora apenas dois). É sem dúvida revelador que quando as empresas foram, pela primeira vez, pensadas como Organizações, elas tenham sido concebidas de acordo com a estrutura acima apresentada. Nota-se, uma vez mais, nesse tipo de estrutura a coincidência entre o ponto de vista estrutural e o ponto de vista funcional: cada um dos princípios da Organização encontra-se identicamente presente em *cada parte* do diagrama e no próprio diagrama globalmente considerado. Mesmo sem se entrar aqui no detalhe das razões que fazem a força das organizações centradas, pode referir-se ser devido a esse processo invariante de reprodução - a esse algoritmo de *crescimento* - que as estruturas empresariais piramidais se tornaram paradigmáticas. É precisamente esse ponto que é sublinhado por dois dos principais teóricos contemporâneos da gestão:

A estrutura organizacional padrão, em forma de pirâmide, estava bem adaptada a uma envolvente de alto crescimento, porque era ampliável à escala necessária. Quando uma empresa precisava de crescer, podia simplesmente acrescentar trabalhadores necessários à base da pirâmide e, a seguir, preencher os escalões de supervisão acima deles (M. Hammer e J. Champy,, *Reengineering the Corporation*, 1994, cit in Camara, 1996, p. 130).

Podemos agora resumir as estruturas centradas dizendo que elas se caracterizam pelos princípios de hierarquia e de modularidade. Como H.

Simon sublinhou (Simon, 1980), elas podem ser encaradas de um ponto de vista *funcionalista*. Esse ponto de vista funde a distinção que nós estabelecemos entre nível estrutural (sintáctico) e funcional (semântico). Na verdade, a palavra "função" pode assumir dois sentidos: a) função matemática recursiva e b) função no sentido teleológico. Subjacente encontra-se sempre a hipótese segundo a qual esses *dois níveis devem coincidir*. Significa isso que se a função matemática é independente do substrato físico-químico em que ela se implementa, o mesmo sucede com a função em sentido teleológico. Cada função teleológica é sempre uma função particular mais ou menos específica, sendo representada por módulos. Obtém-se desse modo um dos objectivos das estruturas concebidas centradamente: as diversas funções e sub-funções devem interagir entre si tão pouco quanto possível. Acrescentando a isso que, por definição, o nível funcional é independente dos níveis de realidade mais baixos, *não podendo deles ser derivado* (em particular não pode ser derivado do nível físico-químico), resulta que qualquer parte contribuindo funcionalmente para o todo não se encontra submetida a constrangimentos para além da finalidade que intrinsecamente a define. Portanto, diversos materiais físicos serão *intersubstituíveis*, pois poderão realizar a mesma função. Como ainda H. Simon referiu, o nível funcional acabado de definir seria o nível próprio do *artificial*, de que a engenharia constitui o melhor exemplo.

II

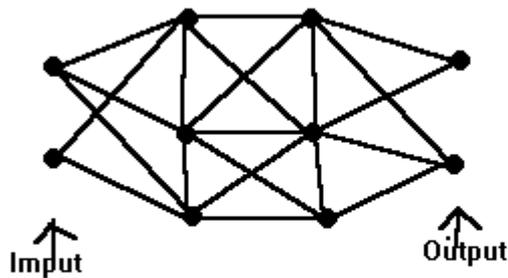
As organizações centradas e modulares são organizações *top-down* supondo a existência *a priori* de uma representação global de uma situação ou de um problema a resolver. Tem de existir uma conceptualização prévia de uma situação para que o princípio de decomposição funcional seja levado a cabo de modo eficaz. Como acima se referiu, esse nível funcional é então pensado como inderivável, o que precisamente significa afirmar que os sistemas centrados são irreduzíveis; noutros termos, hierarquia e modularidade são princípios (juízos sintéticos *a priori* na linguagem filosófica de Kant!). É a suposição dessa irreduzibilidade que implica a hipótese subjacente neste texto: as estruturas centradas encontram-se em oposição irreduzível a outros princípios arquitectónicos.

Esse outro tipo de princípios arquitectónicos classificam processos com uma evolução dinâmica intrínseca em que não existe qualquer representação global ou qualquer conceptualização dada *a priori*. Tratam-se de processos descritos por estruturas *acentradas*. Neste caso, temos um processo *bottom-up* onde se parte de um conjunto de entidades ou agentes dotados apenas de uma informação *local* acerca da sua situação. Uma estrutura acentrada representa então o processo através do qual um estado global emerge a partir de interacções locais de agentes, sem que estes tenham previamente, e mesmo posteriormente, qualquer representação desse estado global. Note-se que, diferentemente das estruturas centradas, existe aqui uma diferença de níveis entre o nível local e o nível global. O estado global, se bem que causado pela interacções locais, emerge e é independente dos agentes locais. Em caso algum é o estado global dedutível da análise de cada agente local tomado isoladamente. Metaforizando um pouco, o agente local jamais visa, ou é um meio intencional, para o estado global.

As estruturas acentradas encontram-se presentes naquilo que genericamente se designa por processos emergentes de auto-organização. Nas ciências naturais, em particular na teoria física dos fenómenos críticos, as considerações anteriores adquirem um conteúdo absolutamente rigoroso, nada tendo de misterioso. Durante os últimos anos, os processos de emergência acentrada de uma ordem tornaram-se a pouco e pouco um verdadeiro paradigma de investigação nas ciências naturais, tendo-se estendido aos processos baseados em informação e estando agora a começar a invadir as ciências sociais (cf. António Machuco, 1997).

Um exemplo particularmente claro de um processo emergencial e acentrado é o tipo de processamento de informação realizado pelas redes neuronais artificiais.

O conceito de rede neuronal admite como representação o seguinte diagrama simplificado



Uma rede neuronal consiste em N neurónios formais que podem assumir certos estados internos $S \in \{0,1\}$ ou $S \in [0,1]$. Os neurónios encontram-se ligados entre si por certos pesos ou ligações sinápticas W (análogos às ligações sinápticas do cérebro). A associação entre neurónios de entrada e neurónios de saída pode ser definida por:

$$s'_i = \sum_j W_{ij} s_j$$

Temos um neurónio i no estado s_i que recebe certos pesos ou conexões W provindo de outros neurónios, j , que se encontram nos estados s_1, \dots, s_n . O neurónio s_i muda o seu estado ao computar a soma dos pesos dos neurónios s_1, \dots, s_n (por exemplo, passa a activo se a soma dos pesos é suficientemente elevada). A transição dos estados dos neurónios pode ser definida por uma função do tipo:

$$s_i = f(A_i) \quad \text{com} \quad A_i = s'_i = \sum_j W_{ij} s_j \quad \text{onde } f \text{ pode ser uma função}$$

sigmoidal $1/(1+e^{-x})$ no caso em que $S \in [0,1]$.

Podemos codificar não importa que forma ao nível dos neurónios de entrada (codificação representada pelo vector \mathbf{s}), a função de uma rede neuronal artificial consistindo em restituir em saída a forma correspondente à forma dada em entrada. Noutros termos, uma rede deve poder *aprender* e *classificar* formas. O problema para uma rede consiste então em, dados os estados internos S , encontrar os pesos adequados, W , que permitam essa aprendizagem. Isto é, trata-se de garantir que a rede converge efectivamente para a forma desejada. Um dos algoritmos

mais conhecidos que permitem encontrar os W adequados é fornecido pela lei de Hebb (se a activação de um neurónio j tende a seguir-se à activação de um neurónio i então ligação a sináptica W entre ambos reforça-se):

$$W_{ij} = \alpha s_i s_j \quad (\alpha \text{ é uma constante de normalização}).$$

Com base nestes conceitos, prova-se (cf., por exemplo, Patterson, 1996) que, em muitas situações, uma rede neuronal é efectivamente capaz de reconhecer, memorizar e classificar formas. Esse reconhecimento, memorização e classificação corresponde aos estados assintoticamente estáveis da rede. Noutros termos, numa rede devemos distinguir entre as interacções locais entre neurónios, que constituem os estados *transientes* da rede, e os estados globais, que correspondem aos *atractores* para os quais a rede converge. Assim, uma rede resolve o seu problema quando faz emergir um estado invariante global a partir das múltiplas interacções locais W_{ij} . Esse estado global não se encontra determinado à partida, antes sendo o resultado de um processo dinâmico. Se bem que sejam os estados locais a fazer emergir o estado global, existe uma diferença qualitativa entre esses dois níveis - *eles não coincidem*. Refira-se ainda que, enquanto processadores de informação, as redes neuronais operam um cálculo local, distribuído e paralelo. Não existe qualquer unidade central que garanta *a priori* a solução do problema que a rede tem de resolver. As redes neuronais constituem um dos exemplos mais recentes de algoritmos locais e distribuídos de tratamento de informação. Elas são um exemplo típico de estrutura acentrada

As redes neuronais constituem um dos principais casos de implementação algorítmica e tecnológica da teoria matemática dos sistemas dinâmicos. Um exemplo de implementação algorítmica e tecnológica dos sistemas dinâmicos via redes neuronais é constituído por algumas das recentes teorias em robótica. Estas mostram a possibilidade real de emergência acentrada de controlo e de ordem. Nessas teorias, não se assume qualquer representação simbólica do mundo previamente dada. Tão pouco se assume que o "mundo" é um "problema" previamente especificado de que temos uma representação global. Não se assume ainda que mundo ou sujeito possam ser decompostos em módulos funcionais. E não se assume, finalmente, que mundo e sujeito sejam independentes. A hipótese é então que o *processamento de informação*

no mundo e no sujeito são de natureza idêntica, a linguagem comum de descrição sendo a teoria matemática dos sistemas dinâmicos.

Um exemplo podem ser os robots de R. Beer (Beer, 1995). Estes são agentes autónomos que se conseguem locomover sem a existência de qualquer programação explícita. A actividade do robot não depende de qualquer representação simbólica interna, antes resultando da interacção entre o meio e o robot. Mais exactamente, trata-se de recorrer à teoria dos sistemas dinâmicos contínuos acoplados (cf., por exemplo, Glendinning, 1994). Temos então um sistema dinâmico, A, representando o agente ou robot, acoplado a um sistema E que representa o meio. O acoplamento pode ser representado através de uma função sensorial S que aplica as variáveis de estado do meio nos parâmetros do agente, e uma função motora M que aplica as variáveis de estado do agente nos parâmetros do meio. Um modelo da relação meio-agente é então dado pelas seguintes equações:

$$\mathbf{x}'_E = E(\mathbf{x}_E; \mathbf{M}(\mathbf{x}_A))$$

$$\mathbf{x}'_A = A(\mathbf{x}_A; \mathbf{S}(\mathbf{x}_E))$$

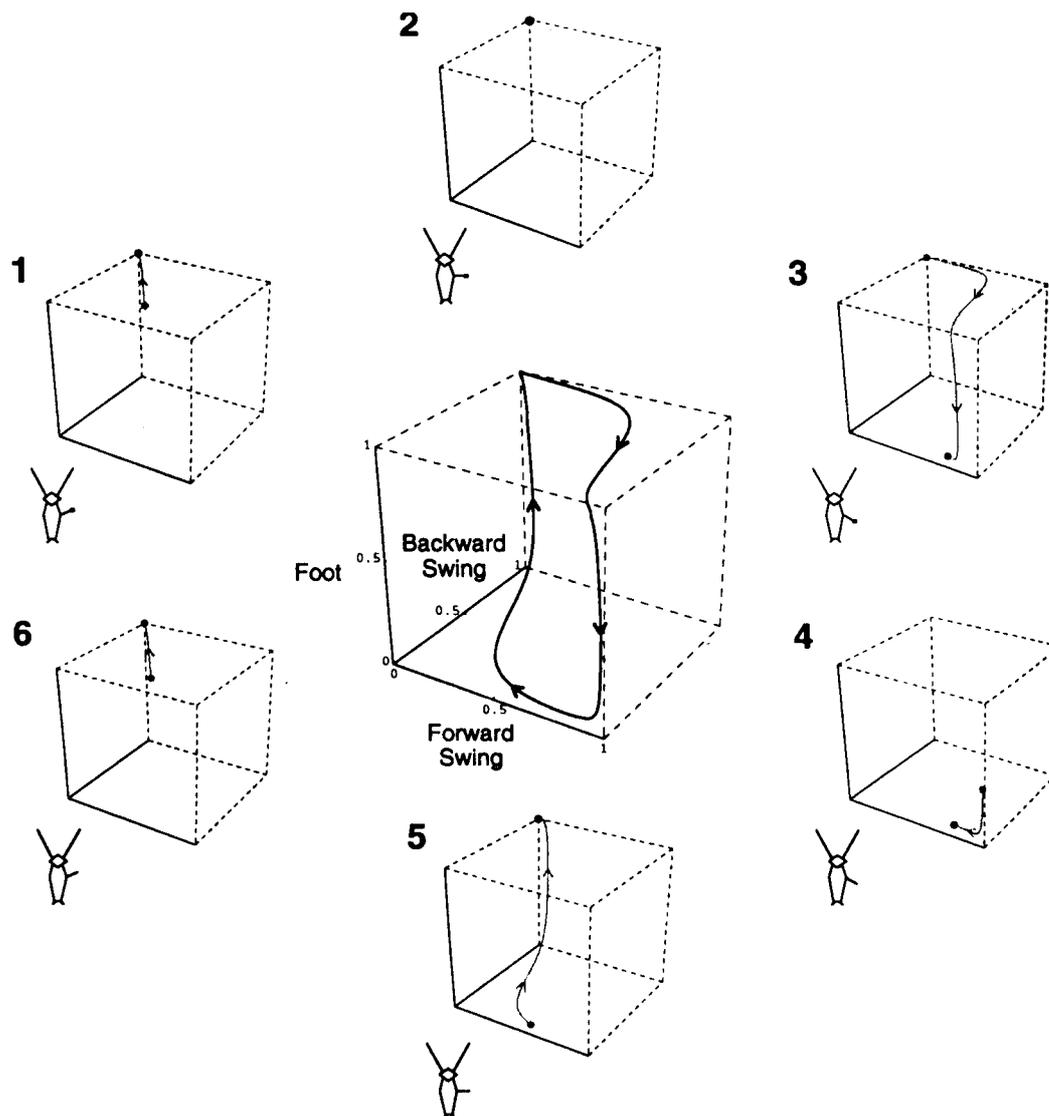
Deve observar-se que os dois sistemas dinâmicos podem ser considerados como um único, o qual consistiria na união de todas as variáveis de estado de A e E.

Aplicando esta linguagem ao caso da locomoção de um robot, Beer define E como a dinâmica do corpo do robot, M são três efectores controlando E e S é a percepção por A do ângulo da perna do robot. Quanto a A trata-se de uma rede neuronal recorrente, mais complexa que os exemplos acima apresentados, e que se escreve

$$\tau_i y_i = -y_i + \sum W_{ij} f(y_j - \theta_j) + I_i(t) \quad (i=1,2,\dots,N)$$

onde τ_i = constante temporal do neurónio i, f = sigmoidal, θ_j = limiar do neurónio j, $I(t)$ = input externo variando temporalmente.

Diversas simulações permitiram mostrar que o comportamento do sistema dinâmico acoplado exhibe características que são genéricas na teoria dos sistemas dinâmicos. Os resultados principais são ilustrados pela seguinte figura (Beer, p. 142):



Em 1, a perna do robot encontra-se imobilizada, posição que mantém em 2, onde temos um *atractor* da dinâmica. Em 3 dá-se uma *bifurcação*, correspondendo a uma situação instável de movimento e permitindo a passagem de uma fase em que a perna se encontra imobilizada para uma fase em que a perna descreve o movimento oscilatório. Este movimento é estável em 4, onde surge um novo atractor correspondendo à perna levantada. Em 5 temos um nova bifurcação e a perna começa então a descrever o movimento que a leva novamente a 1.

Em geral, verifica-se que o sistema oscila entre dois pontos fixos (os atractores), sendo essa oscilação que causa a locomoção. A locomoção é o resultado de um fenómeno de *transição crítica de fase*, apelando à noção matemática de bifurcação (ver novamente 3). Deve igualmente compreender-se que a evolução do sistema depende do parâmetro S representando o ângulo da perna. Trata-se de um *parâmetro externo*

controlando os estados internos de A. É a variação desse parâmetro que causa as bifurcações que ocorrem no sistema. Simulações mostram que o sistema não evolui quando o *feedback* representado pelo input em A do ângulo da perna é eliminado, isto é, o robot permanece indefinidamente no ponto fixo em que se encontra. Assim sendo, "the normal walking pattern is a property of the coupled agent-environment system U only and cannot be attributed to either A or E alone" (Beer, p. 141). Mais em geral, e independentemente do presente exemplo, esta dualidade entre espaços internos e espaços (parâmetros) externos é crucial nos sistemas dinâmicos e nas estruturas acentradas. Os estados internos projectam-se, sob a forma de bifurcações, nos parâmetros externos, sendo essa *projectão que faz emergir o padrão global (a morfologia) do fenômeno sob consideração*. Essa projectão é ainda acompanhada pela redução da complexidade (do número de dimensões ou graus de liberdade) do sistema. É essa redução que caracteriza o que se chama auto-organização; e como se reduz o complexo ao simples temos preenchido o requisito a que qualquer arquitectura deve obedecer.

Os robots de Beer exibem as características das estruturas e arquitecturas acentradas, bem como a sua oposição às soluções centradas. A ordem emergente (andar, neste caso) não admite qualquer decomposição funcional-modular guiada por representações previamente dadas. A própria rede neuronal utilizada não pode ser considerada uma representação visto o seu comportamento depender do parâmetro S de controle, e assim do sistema E. Tão pouco se dá o caso de a rede operar uma decomposição funcional. Portanto, a locomoção não é causada por qualquer "centro coordenador", mas é uma propriedade global que emerge da interacção entre a totalidade dos componentes do sistema (meio e rede do agente). Temos portanto uma forma de controlo acentrado, onde não existe um nível funcional autónomo predesignando um fim (o robot apenas segue a sua dinâmica local), não existe qualquer hierarquia, não existem módulos mas antes informação distribuída pela totalidade do sistema. Em conclusão, existe, mesmo a um nível tecnológico, a possibilidade de implementar estruturas acentradas. Estas opõem-se característica a característica às estruturas centradas.

III

A "nova robótica" tem como um dos seus objectivos últimos estender ao *artificial* os princípios evolutivos que estariam subjacentes aos

organismos e mentes naturais. No caso do programa ser levado a bom termo ter-se-ia demonstrado não ser obrigatório seguir soluções centradas e modulares na concepção de certos artefactos tecnológicos. Ter-se-ia mesmo invalidado a hipótese - aqui provisoriamente aceite - da irreduzibilidade dos princípios funcionais clássicos. Graças às novas concepções acerca do processamento de informação, estaríamos então em condições de alterar a nossa visão acerca da estrutura e função da tecnologia. Um passo avante, e esse novo tipo de tecnologias permitiria o surgimento do quadro permitindo novas *metáforas* socio-culturais. Essa transposição das arquitecturas tecnológicas para as arquitecturas sociais é um fenómeno historicamente recorrente (cf., por exemplo, Giedion, 1948).

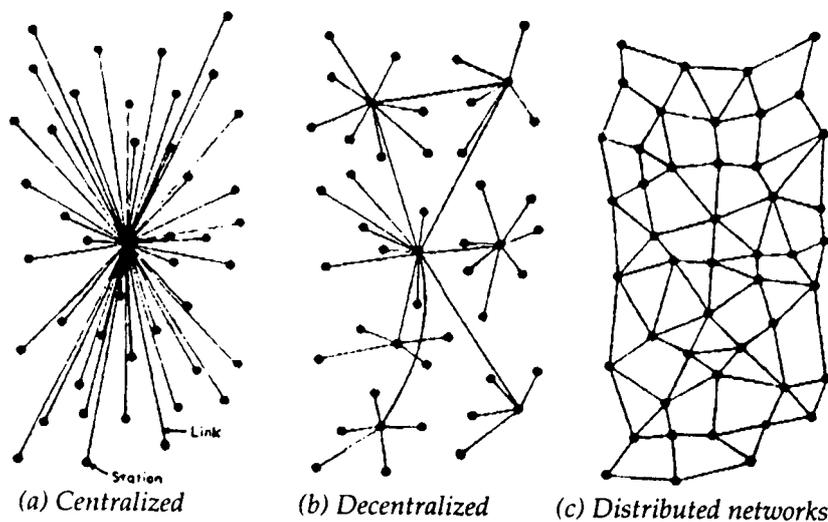
Seria pois previsível que o mesmo fenómeno se verificasse actualmente. E, de facto, as tecnologias da informação associadas à robótica, aos autómatos celulares, a novas técnicas de programação, etc, vieram alimentar novos processos de emancipação cultural e política, contribuindo para os movimentos que combatem a cultura dominante e aspiram a algo novo. Um exemplo característico é fornecido pelo editor da revista *Wired*, Kevin Kelly, no seu livro *Out of Control* (Kelly, 1995). Este autor salienta bem como as citadas teorias evocam os conceitos de informação distribuída, funcionando em paralelo, de modo local, em suma, segundo uma rede acentrada. Elas forneceriam o modelo de um controlo não hierárquico das tecnologias. Esse ponto de vista cairia sob as características gerais dos "sistemas em enxame" (Idem, p. 22), os quais seriam "adaptáveis", "evolutivos", "tolerantes às falhas", com *feedback* positivo benéfico (Idem, *Ibidem*). Esses sistemas exibiriam propriedades de ordem emergente, mas, segundo Kelly, essa ordem possuiria propriedades quase místicas, sendo "não-controlável", "não-predizível" e, enfim, "ininteligível" (Idem, p. 23). Essas características, de onde uma valoração moral jamais está dissociada, apontariam para um novo tipo de civilização, permitindo descortinar uma tendência *global* no conjunto do socio-cultural:

It seems that the things we find most interesting in the universe are all dwelling near the web end (Idem, p. 21).

Ora, esta corrente aqui designada por acentrismo cultural surgiu em parte devido ao desenvolvimento da rede de computadores Internet.

Sendo certo que os conceitos característicos das estruturas acentradas não têm aplicação completamente precisa na Internet, é no entanto possível afirmar que a Internet é uma rede funcionando de modo tendencialmente acentrado. E é certo que essa afirmação se poderá justificar segundo três ordens de razões.

Em primeiro lugar, a rede utiliza um algoritmo local e distribuído de transmissão da informação: o *Package-Switching*. Este algoritmo parte a mensagem em vários blocos ou pacotes, distribui-os por vários caminhos alternativos, e de seguida a mensagem é transmitida localmente de *router* para *router*. Não deixa de ser interessante verificar que foi exactamente em função da oposição entre estruturas centradas e acentradas (que ele designava por distribuídas) que P. Baran concebeu o *Package-Switching* no início dos anos sessenta. Baran isolava três grandes tipos de estruturas de transmissão da informação. Devido a ter em mente o caso das chamadas telefónicas internacionais, ele introduz a estrutura "descentralizada". É evidente que se pode aludir a esse tipo de estrutura, mas deve observar-se que ela é essencialmente uma complexificação de uma estrutura centrada. O diagrama de Baran é o seguinte:



(in K. Hafner e M, Lyon, 1996)

Em segundo lugar, a Internet desenvolveu-se de modo imprevisível e segundo uma organização espontânea. Contrariamente ao que muitas vezes é afirmado, a primeira rede de computadores existente, a ArpaNet, não foi construída como resposta à necessidade de garantir a existência de vias de comunicações em funcionamento em caso de ataque nuclear

da antiga U.R.S.S.. K. Hafner e M. Lyon mostraram que a razão foi mais prosaica: tratava-se de utilizar os recursos computacionais de máquinas situadas remotamente, permitindo assim a partilha de um mesmo computador por vários utilizadores. Aquilo que viria a ser a futura Internet resultou da necessidade de poupar dinheiro. Foi então com um sentimento de surpresa que os utilizadores da rede no início dos anos setenta viram o surgimento quase acidental do correio electrónico. E não menor surpresa foi o surgimento de redes de "chat" bem como de redes utilizando recursos *multimedia*. O desenvolvimento da Internet em *media* foi pois algo complementarmente imprevisível em relação aos seus objectivos iniciais.

Essa imprevisibilidade seguiu a par com o já referido crescimento espontâneo da rede. Na verdade, a Internet mais não é que o agregado de um vasto conjunto de sub-redes que foram surgindo (e algumas desaparecendo) ao longo dos últimos 29 anos. No fundo, a actual Internet é a concretização de uma "visão" que terá surgido em 1972, no decorrer da Primeira Conferência de Comunicações por Computador. É nessa altura que surge a ideia de uma arquitectura baseada num "emaranhado de redes autónomas e independentes, interconectadas por portas de acesso" (cit. in Hardy, 1995). A Internet é um processo de crescimento espontâneo no sentido de progressivamente terem surgido diversas redes autónomas (LAN's, Newsgroups, Listservers, BBS's, WWW, etc) que, também progressivamente, se foram conectando entre si através de protocolos comuns, o TCP/IP tendo-se tornando o protocolo standard. Esse processo não obedeceu a qualquer plano prévio, nem tão pouco se encontrou sujeito a qualquer regulamentação governamental explícita.

Em terceiro lugar, o conteúdo da informação na Internet encontra-se efectivamente estruturado de forma distribuída. Isso é claro em redes como a Usenet, onde cada um comunica com todos os outros de modo assíncrono, sucedendo mesmo existirem programas que automaticamente redistribuem qualquer mensagem por todos os servidores da rede. Isso é igualmente claro na WWW, onde o conceito de *link* permite realizar em parte a ideia de uma informação distribuída e local. O conceito de *link* entre *home-pages* permite igualmente estabelecer percursos de conexões entre indivíduos que se ignoram completamente. Uma aplicação relativamente elementar da teoria topológica dos grafos planares permitiria mesmo determinar o grau de conectividade da rede, avaliando a sua

conectividade crítica, etc². Como imediatamente veremos, a WWW permite mesmo imaginar a Utopia de uma conectividade total ao serviço de um projecto cultural e político.

De facto, uma tecnologia acentrada e distribuída como a Internet pode ser a fonte novas metáforas culturais. Mais, ela poderia também ser pensada como a base de uma nova forma de estruturação sociopolítica. Mais exactamente ainda, ela poderia finalmente actualizar essa espécie de ideal que seria uma comunidade funcionando acentradamente. Esse projecto é em larga medida o de uma organização de utilizadores da rede, a *Electronic Frontier Foundation* (EFF).

Segundo a EFF (cf. www.eff.org), o método de transmissão de mensagens, o *package-switching*, daria origem a um espaço não controlável:

.the electronic world, designed to resist nuclear attack, can also shrug off government regulation. By nature of its global reach and its decentralised design, it is unpoliceable.

Claro que isto não é exactamente assim, e a esse respeito deve ver-se a campanha que actualmente a EFF desenvolve a favor da liberdade de utilização de técnicas avançadas de criptagem. No entanto, aqui interessa-nos sublinhar a ideia segundo a qual uma comunidade funcionando acentradamente encontraria as condições materiais de realização numa tecnologia específica. Essa tecnologia estabeleceria métodos de comunicação espontâneos, abertos, impossibilitando a existência de poderes transcendentais aos indivíduos:

government will be made obsolete by the push-button, interactive democracy that an Open Platform could create (...). The fundamental thing (the Net does) is to overcome the economies of scale... so the big guys don't rule (...). Organized political parties won't be needed if open network's enable people organize ad hoc, rather than get stuck in some rigid group.

² Que saibamos, esse trabalho não está feito, tratando-se da aplicação de um teorema que diz que para certos valores críticos da relação entre arestas e vértices de um grafo planar se dá uma transição crítica na conectividade do grafo: permitindo, por exemplo, que qualquer ponto seja atingido a partir de qualquer outro. O quadro do desenvolvimento matemático desta ideia é a teoria da percolação. Mas é evidente que a WWW admite uma tal representação gráfica (as *home-pages* são os vértices, os *links* as arestas).

Essas organizações espontâneas constituiriam o "Espaço Cibernético", designação recobrando o facto de os processos de troca de informação nas redes digitais passarem ao lado do conceito ancestral - e fonte última de ordenamento jurídico - de espaço territorial, fisicamente delimitado por fronteiras. A velha questão do laço social teria então de ser relançada, e atendendo a que o supremo direito numa tal "sociedade" seria a livre troca de informação, coloca-se a questão das restrições legítimas a essa troca. A fonte dessa legitimação terá de ser puramente imanente aos indivíduos, e pode ser enunciada do seguinte modo:

on line communities should have the right to set their own standards.

Portanto, a regulação deveria ser puramente local e temporária, assim sendo possível concretizar efectivamente o ideal pós-moderno de uma comunidade funcionando paralogicamente, isto é, segundo o modelo de um consenso obtido por parceiros actuais e sujeito a rescisão eventual (cf., Lyotard, 1985)

É pois a ideia da tecnologia como fonte potencialmente emancipadora da humanidade que se encontra subjacente a uma organização como a EFF. A emancipação existiria por a Internet fazer surgir aquilo que a EFF chama por diversas vezes um "sense of Community". Parece claro que a emergência dessa Comunidade se apoiaria na intuição, vaga, segundo a qual uma conectividade assintoticamente total seria um processo quase automaticamente gerador de todos comunitários. Essa intuição seria mesmo reforçada por a Internet ser um espaço não físico, desterritorializado, apenas baseado em troca de informação.

No entanto, a transposição que a EFF propõe da ideia de informação acentrada e distribuída para o campo social é equívoca. E isso por uma razão que nos permite precisar o conceito de estrutura acentrada.

Vimos ser suposto emergir um todo ("um sentimento de comunidade") das livres trocas de informação. Ora, esse todo estaria completamente *presente em cada consciência individual*. Mas isso não é uma característica das estruturas acentradas. Nas estruturas acentradas o todo jamais está presente a qualquer consciência individual; ele é o efeito não intencional de cada consciência individual, e apenas pode ser representado por algo que se torna *exterior* às interacções locais dos indivíduos. De forma rigorosa, pode-se dizer que, nas estruturas acentradas, apenas as acções locais são reais; já o todo pode ser

considerado, por relação às acções reais, uma entidade *virtual*, jamais representável a partir do interior do sistema. Aliás, é precisamente isso que se constata nas estruturas sociais que funcionam *efectivamente* de modo acentrado. Nesses casos, a emergência do "todo" não resulta de qualquer "sentimento do todo" existente em cada indivíduo (bem pelo contrário), nem tão pouco resulta de uma tecnologia que, funcionando acentradamente, faria emergir a representação desse todo social na consciência dos indivíduos. Uma análise de estruturas sociais que vão desde o comportamento de certas espécies animais até aos mercados concorrenciais da economia, passando por fenómenos como a segregação racial ou a estrutura policêntrica de muitas cidades, provaria o ponto acabado de assinalar. É uma prova que não podemos fazer aqui³. Essa prova mostraria claramente que o paralogismo - típico - implícito nas ideias da EFF consiste em tornar imanente a cada indivíduo aquilo que, de acordo com o modelo, lhes é transcendente, não representável. Operando o paralogismo, os níveis "comunidade" e "indivíduo" tornam-se então ambos *identicamente reais*. Insensivelmente, o acentrismo socio-cultural procede então a uma singular inversão das perspectivas. É como se, novamente, uma certa visão *a priori* de uma totalidade devesse determinar os comportamentos locais, num movimento em que o acentrismo se torna uma ideologia. Mas ele pode então tornar-se uma forma de ocultação dos comportamentos *reais* de interacção entre os indivíduos e da negação última de qualquer sua eficácia causal.

³ Os modelos emergenciais de auto-organização provenientes da física estão actualmente a invadir o campo das ciências sociais. Longe de qualquer preocupação de exaustividade referimos aqui alguns trabalhos importantes. Para o caso dos mercados, ver o clássico F.A. Hayek (Hayek, 1948). Um desenvolvimento fundamental encontra-se em J. Epstein e R. Axtell (J. Epstein e R. Axtell, 1996). No caso das sociedades de formigas, e para além da extensa literatura clássica existente sobre o assunto, refiram-se os trabalhos M. Milonas aplicando a teoria dos sistemas dinâmicos (Milonas, 1994). Modelos acentrados da segregação racial foram pela primeira vez teorizados por T. Shelling (Shelling, 1978). Para o caso da estruturação acentrada do tecido urbano ver o excelente P. Krugman, 1996.

BIBLIOGRAFIA

BEER, R., 1995, *Computacional and Dynamical Languages for Autonomous Agents*, in Port, R., & Gelder, T. van (eds.), *Mind as Motion - Exploration in the Dynamics of Cognition*, MIT Press, Cambridge, Mass. 1995, pp. 121-147.

CAMARA, P., 1996, *Organização e Desenvolvimento de Empresas*, D. Quixote, Lisboa.

CHIAVENATO, I., 1993, *Introdução à Teoria Geral da Administração*, McGraw Hill, São Paulo.

EPSTEIN, J., E AXTELL, R., 1996, *Growing Artificial Societies*, Mit Press, Cambridge, Mass.

GIEDION, S., *Mechanization Takes Command*, 1948, Oxford University Press, Oxford, London.

GLENDINNING, P., 1994, *Stability, Instability and Chaos- an Introduction to the theory of nonlinear differential equations*, Cambridge University Press, Cambridge.

HARDY, E., 1995, *The History of the Net*, Master's Thesis School of Communications, Grand Valley State University.

HAYEK, F., 1948, *Individualism and Economic Order*, University of Chicago Press, Chicago.

KELLY, K., 1995, *Out of Control*, Addison-Wesley, Reading.

KRUGMAN, P., 1996, *The Self-Organizing Economy*, Blackwell, Cambridge, 1996.

LYOTARD, J-F., 1985 *A Condição Pós-Moderna*, Gradiva, Lisboa.

JOHNSON-LAIRD, P., 1993, *The Computer and the Mind*, Fontana, London.

HAFNER, K., E LYON, M., 1996, *Where Wizards Stay up Late*, Simon and Shuster, New York.

MACHUCO, A., *Universalidade e Ciências Cognitivas*, a publicar.

MILONAS, M., 1994, *Swarms, Phase Transitions, and Collective Intelligence*, in *Artificial Life III*, C. Langton (Ed.), Santa Fe Institute, Addison-Wesley, Reading, pp. 417-449. 1994.

NEWELL, A., SIMON, H., 1963, *GPS, a Program that Simulates Human Thought*, in "Computers and Thought", Feigenaum, E. e Feldman J., (ed,) McGraw-Hill, New York, pp. 279-93.

PATTERSON, D., 1996, *Artificial Neural Networks*, Prentice Hall, Singapura.

PETITOT, J., 1988, *Centrado/Acentrado*, in "Enciclédia Einaudi", Vol 13, Imprensa Nacional, Lisboa, pp.336-393.

SHELLING, T., 1978, *Micromotives and Macrobehavior*, Norton, New York.

SIMON, H., 1980, *As Ciências do Artificial*, A. Amado, Coimbra.