

Os Caminhos da Complexidade

1º Encontro: Economia e modelos, Julho 6 – 8, 2002

Sistemas complexos apresentam-se-nos por toda a parte e cada vez mais: mercados financeiros, ecologias, redes de regulação genética, sociedades, sistemas de computação distribuída, a internet, etc. A característica comum a todos estes sistemas é a de serem compostos por um grande número de agentes, cada qual capaz de um certo número de acções autónomas mais ou menos “inteligentes”, isto é, reactivas ao meio ambiente em que se integram. Por outro lado o comportamento destes agregados de agentes apresenta propriedades e comportamentos que não podem ser facilmente deduzidos a partir das propriedades dos agentes quando isolados. A emergência de propriedades colectivas, qualitativamente diferentes das individuais e a não-linearidade das interacções são as características fundamentais destes sistemas.

A decomposição dum sistema nos seus elementos, para melhor o compreender, foi durante muito tempo o grande método de estudo das ciências tradicionais. Porém se o sistema for um sistema complexo as suas propriedades não são decomponíveis. E se o sistema não for complexo, muito provavelmente terá pouco a ver com um fenómeno da vida real.

A essência dos sistemas complexos reside na natureza e efeito das interacções e nas propriedades colectivas que elas criam. É impossível compreender o sistema imunitário ou um mercado financeiro olhando apenas para um dos seus agentes, uma molécula ou um investidor. Daí que, cada vez mais, haja na comunidade científica um esforço para tentar desenvolver uma teoria unificada dos sistemas complexos, através dum estudo global e comparativo. Questões críticas neste estudo são:

Robustez: Compreender em que medida a estrutura e diversidade dum sistema determina a sua maior ou menor estabilidade;

Relação forma-função: Em que medida a forma particular duma rede de agentes influencia a sua funcionalidade e quão vasto é o leque de formas que correspondem à mesma função;

Ordens de grandeza e auto-semelhança: Quais os fenómenos característicos em cada escala de análise e quais as relações inter-escalas?

Fluxos de informação e sua representação: Como é que os agentes adquirem informação decisiva através de interacções locais e como é essa informação representada ?

Estruturas colectivas emergentes: Que estruturas colectivas emergem da interacção dos agentes e como elas se relacionam com os tipos de interacção inter-agentes;

Dinâmica evolutiva: Que tipos de dinâmica colectiva são característicos destes sistemas? Como é que a dinâmica colectiva se relaciona com as dinâmicas individuais?

Quantificação da complexidade e sua evolução: Como é que se pode quantificar a complexidade dum sistema e como é que uma sociedade de agentes tende a evoluir. Para uma maior complexidade ou para uma menor ? E em que circunstâncias ?

Universalidade ou especificidade ? Os agentes que intervêm num sistema complexo podem ser moléculas, organismos, companhias, células, sociedades ou até mesmo conceitos abstractos como programas computacionais ou ideias. Será que é possível isolar um certo número de leis dinâmicas comuns a todos estes sistemas ou, pelo contrário, cada sistema particular requer uma modelização específica ?

Laboratórios de matéria versus laboratórios de informação: Na ciência tradicional o estudo e o método científicos baseiam-se na observação laboratorial dos sistemas ou das suas partes materiais. Porém em muitos sistemas complexos, mais importante que a matéria é a informação e o seu fluxo. Será que nos “Laboratórios de informação” o método científico tradicional é aplicável ? Ou será que é necessário desenvolver novas metodologias ?

Uma introdução geral a esta problemática foi dada por **João Caraça** na **Conferência de Abertura** do Encontro, com especial ênfase nos problemas de transmissão da informação, da caracterização da complexidade e da hierarquia de estruturas.

Para poder ter em cada encontro uma massa crítica em pelo menos um dos campos em que os sistemas complexos são importantes, tinha sido decidido que em cada encontro haveria uma ênfase especial num tópico particular. Coube desta vez à Economia o papel principal. Porém, para garantir a fertilização inter-disciplinar e tentar desenvolver uma linguagem comum a todos os domínios em que os sistemas complexos são motivo de estudo, julgou-se essencial que investigadores doutros ramos do saber também participassem no Encontro. Assim, além de economistas, participaram também físicos, matemáticos, engenheiros e cientistas da computação.

O Encontro foi organizado em duas modalidades de trabalho:

- 1 – Sessões plenárias
- 2 – Grupos de trabalho

As sessões plenárias

Risk, variety and volatility during an industry life cycle **(Mariana Mazzucato)**

A co-evolução da dinâmica industrial e financeira no início da indústria automóvel (1899-1929) foi comparada com a fase inicial (1974-2000) da indústria de PC's. O objectivo era ver se os fenómenos normalmente associados às indústrias da Nova Economia (a importância de pequenas firmas inovadoras, a turbulência do mercado, a pequena correlação entre rendimentos e valores de mercado) teriam também existido na fase inicial da indústria automóvel.

Em ambas as indústrias os primeiros 30 anos são caracterizados por grande turbulência, nomeadamente: modificações radicais na tecnologia, grandes taxas de entrada e saída do mercado, tempos de vida das empresas curtos e uma rápida descida de preços. Contudo enquanto que na indústria automóvel estas mudanças provocaram imediatamente grandes alterações nas quotas de mercado, na indústria de PC's isso só ocorreu quando as companhias de grandes computadores já existentes perderam a liderança.

A instabilidade das quotas de mercado produzida por “inovações destruidoras de competência” é o elo que liga a dinâmica industrial à dinâmica da cotação das acções. A dinâmica das entradas e saídas do mercado e inovações tecnológicas radicais estão directamente relacionadas com os períodos de maior volatilidade dos mercados: 1918-1928 na indústria automóvel e 1990-2000 na indústria de PC's. Os rendimentos característicos destes sectores só co-integram com os do mercado em geral quando o crescimento da respectiva indústria desacelera.

A imaginação dum agregado **(A. Gouveia Portela)**

Foi apresentada a noção de “agregado” e os atributos de um agregado munido de uma estrutura. Quando um agregado opera como um sistema bem conectado, então a memória, a experiência e a imaginação são amplificados.

Quando um conjunto de indivíduos heterogéneos interactua e permuta ideias e formas, novas ideias e soluções podem ser formuladas. Isto pode ser conseguido através de “sessões de criatividade”. A estrutura duma sessão de criatividade foi analisada, descrevendo os comportamentos típicos dos participantes, assim como o papel do condutor da sessão, o qual deve ser distinto do de um “moderador” ou “presidente”.

A criatividade colectiva e individual são complementares e não rivais. Porém as “formas” e soluções que podem ser imaginadas por uma colecção de indivíduos heterogéneos são de uma complexidade não atingível frequentemente por um indivíduo isolado.

Innovation and market structure in the dynamics of biotechnology and the pharmaceutical industry **(Luigi Orsenigo)**

A evolução da indústria farmacêutica foi analisada comparando duas fases distintas: a fase da procura aleatória de novos produtos e a fase da biologia molecular.

A comparação teve como base a caracterização da natureza do domínio de pesquisa, a natureza da procura e os tipos de competição.

Os mecanismos de concentração e a estrutura desta indústria dependem fortemente do espaço de procura na inovação. Porém, em comparação com outras indústrias, a indústria farmacêutica apresenta um pequeno grau de concentração. As razões para tal são o pequeno efeito cumulativo dos conhecimentos e a existência de um mercado fragmentado.

Reconstructing an economic space from a market metric
(Tanya Araújo)

Usando uma métrica relacionada com a correlação dos rendimentos, foi proposto um método para, a partir de dados do mercado, reconstruir um “espaço económico”. O número de dimensões relevantes neste espaço é em geral muito menor que o número de instrumentos de mercado utilizados para reconstruir o espaço. Isto permite definir “factores” directamente a partir dos dados empíricos. Por outro lado a existência duma métrica permite definir um “coeficiente de agregação”. A partir de dados experimentais foi encontrada uma correlação entre os máximos deste coeficiente e períodos de crise dos mercados. Um exemplo concreto foi apresentada relativo a dados diários num período de 10 anos de 34 grandes companhias que entram (ou entraram) no índice Dow Jones.

The Quantum Modality of Knowledge. Games and Markets
(R. Vilela Mendes)

De entre os quadros lógicos que podem ser usados para analisar resultados experimentais, o paradigma quântico é o mais simples que é compatível com a hipótese de que nem todas as observáveis são compatíveis entre si.

(Duas observáveis são compatíveis se a filtragem associada a uma delas não altera a pureza do conjunto em relação à outra)

É a incompatibilidade de algumas observáveis que está na base do paradigma quântico, não o indeterminismo ou qualquer outra propriedade. Todos os “efeitos quânticos” são uma consequência deste facto simples e os chamados “paradoxos quânticos” resultam de tentar fazer perguntas simultâneas sobre factos incompatíveis.

Em Física, observáveis incompatíveis aparecem com grande frequência. Não há porém qualquer razão para que as observáveis dos outros campos de conhecimento sejam todas elas compatíveis. Portanto é provável que o paradigma quântico possa também ser útil noutros campos.

(Note-se que incompatibilidade é um conceito operacional. Nós podemos sempre “falar” sobre quaisquer duas observáveis, mas observá-las ou medi-las simultaneamente é um assunto completamente diferente)

Por exemplo “preço” e “posse” não são noções compatíveis. O preço só é bem definido no momento da transacção, isto é, quando a “posse” muda de valor. Se não há transacção, o preço é uma quantidade meramente virtual.

Foram dados alguns exemplos da aplicação do paradigma quântico em teoria dos jogos.

Structural jumps as a dimension of complexity. A generalized dynamical systems approach

(J. Ferreira do Amaral)

Uma das características que contribuem para a complexidade dum sistema é a de o seu funcionamento poder levar a alterações estruturais no seu comportamento ao longo do tempo. Ou seja, as alterações estruturais não são originadas por factores exógenos mas sim relativos ao seu próprio funcionamento. A esta percepção, que aparece já teorizada no trabalho de alguns filósofos, pode ser dado um conteúdo operacional através da construção de sistemas dinâmicos generalizados, $x_k(t)=f[x_{k-1}(t)]$ para t em $[t_k, t_{k-1})$. $k=0,1,\dots$ refere-se aos momentos em que há alterações estruturais. No período inicial $[t_0=0, t_1)$ a evolução é determinada por $x_0(t)$, pelo que se pode também escrever $x_k(t)=f^k[x_0(t)]$.

A sucessão de momentos t_k em que há alterações estruturais pode ser aleatória ou resultar do próprio funcionamento do sistema. Esta última situação é a mais interessante e a que mais implicações tem para a complexidade do sistema. Pode ser descrita pela seguinte condição:

Se, para um dado t^* , o valor $x^*(t^*)=f^k[x_0(t^*)]$ do caminho seguido pelo sistema atinge o valor $x^{**}(t^*)$, dado à priori, ou seja, se $x^*(t^*)=x^{**}(t^*)$, então há uma alteração estrutural que se efectiva h momentos depois, ou seja, tem-se $x^*(t^*+h)=f^{k+1}[x_0(t^*+h)]$ e $x^*(t^*+h)=f^k[x_0(t^*+h)]$ para todo o h tal que $0 < h < 1$.

Choice in Agent Societies

(J. M. Castro Caldas)

A teoria da escolha racional (TER) teve algum sucesso. Pelo menos tornou-se a teoria dominante no estudo das decisões económicas. Recentemente, a sua influência estendeu-se da Economia para as outras Ciências Sociais.

A pesar do seu sucesso, a TER tem sido criticada dentro e fora dos domínios disciplinares em que foi concebida. Uma linha de criticismo, baseada nas contribuições de Herbert Simon, chama a atenção para o facto de que a TER admite o acesso a uma quantidade de informação e poderes computacionais que não estão ao alcance do humano comum. Por outro lado, a TER ignora as dimensões morais e emocionais das escolhas humanas. De facto existe evidência experimental que contradiz as previsões da TER e ao mesmo tempo sugere que limitações de conhecimento e motivações morais devem ser tomadas em consideração ao construir modelos de decisão individual.

Foi apresentado um modelo, inspirado numa interpretação comportamental dos algoritmos genéticos, simulando uma situação semelhante a uma experiência de “provisão de bens públicos”. Os resultados sugerem que comportamentos anti-sociais não são uma consequência inevitável deste tipo de jogo, tudo dependendo do contexto social em que ele tem lugar.

Mergers in the Presence of Economies of Scope: A Study on Coalition Formation”

(João Gata)

Na extensa literatura económica sobre fusões de empresas, existe pouco trabalho teórico sobre se economias de gama são uma causa significativa dessas fusões, e se sim, que tipos de fusões ocorrerão. Alguma da recente literatura aplicada

em economia industrial sobre alguns sectores de actividade económica, como os sectores bancário, seguros, electricidade, transporte aéreo, e transporte urbano, tanto nos EUA como na União Europeia, apresenta resultados pouco conclusivos sobre a importância das economias de gama como factos explicativo de fusões. Este trabalho contribui para uma melhor compreensão deste tópico.

Foi construído um modelo teórico em duas fases, com três empresas, e com dois produtos que exibem determinado grau de substituição na procura. Na primeira fase, as empresas tomam decisões sobre possíveis inter-fusões; na segunda fase pós-fusão, as empresas comportam-se como concorrentes em quantidades no modelo clássico de Cournot. A modelização baseia-se tanto na literatura sobre jogos cooperativos, em particular sobre jogos em *partition function form*, como na recente literatura sobre fusões. Caracterizaram-se as fusões entre empresas que são ‘estáveis’, donde mais susceptíveis de ocorrerem e se manterem, em função dos valores tomados pelos parâmetros do modelo, e quais as suas propriedades em termos de bem-estar social. Esta caracterização permite compreender melhor quais as diferentes forças estratégicas que podem promover ou bloquear as diferentes fusões possíveis, e em que situações a entidade reguladora poderá intervir para promover o bem estar social.

As principais conclusões do trabalho são as seguintes:

- (i) há fusões estáveis que não promovem o bem-estar social;
- (ii) há fusões que promovem o bem-estar social mas não são estáveis;
- (iii) no estudo sobre estabilidade de uma qualquer fusão de duas empresas, é fundamental analisar a postura estratégica da terceira empresa perante essa fusão, e da subsequente resposta das empresas em fusão a essa postura vinda do exterior; uma fusão das empresas que, em termos relativos, mais teriam a ganhar pela sua união graças ao aproveitamento de economias de gama, pode não ser estável exactamente devido à postura estratégica da terceira empresa.

Os grupos de trabalho

A fim de fomentar a interacção dos participantes durante e depois do Encontro, foram formados grupos de trabalho para discutir os trabalhos de investigação em curso nas instituições dos participantes, assim como perspectivas de trabalho futuro. Foram os seguintes os grupos de trabalho formados:

1- Dinâmica das coligações (J. Gata, J. C. Tiago de Oliveira, J. P. Pontes)

A formação de coligações e a cooperação entre os agentes são mecanismos que tornam extremamente complexa a análise da evolução ou estabilidade dos sistemas económicos. Casos há em que, por exemplo, a possibilidade dos agentes alterarem dinamicamente as suas imputações impede a existência de soluções estáveis. Esta problemática foi discutida da perspectiva da teoria evolutiva dos jogos.

2- Mecanismos de inovação (J. Barbosa, J. Caraça, J. A. Dente, J. M. Castro Caldas, J. Leão)

A procura de mecanismos de inovação em sistemas complexos é um problema central na caracterização da evolução destes sistemas. Embora cada sistema tenha as suas especificidades próprias, através duma codificação abstracta de necessidades e produtos, é possível detectar certos mecanismos genéricos de inovação e os seus impactos na evolução dos sistemas. Um sistema particular em que estes resultados podem ser úteis é o de um mercado de consumidores e fornecedores em competição.

3- Processos aleatórios e mercados (M. St. Aubin, J. M. Almeida, R. Mamede, M. Mazzucato, R. V. Mendes, T. Araújo)

Dois temas principais foram discutidos. Por um lado as relações entre a volatilidade dos mercados e as taxas de inovação tecnológica e por outro as possíveis modificações e melhoramentos da formula de Black e Scholes em modelos com volatilidade estocástica de memória longa.

Os participantes no Encontro

J. Matos de Almeida, ISEG
J. Ferreira do Amaral, ISEG
Tanya Araújo, ISEG
Miguel St. Aubin, ISEG
José Barbosa, IST
J. M. Castro Caldas, ISCTE
João Caraça, Fund. Gulbenkian e ISEG
Joaquim A. Dente, IST
João Gata, Univ. Aveiro
João Leão, ISCTE
Ricardo Mamede, ISCTE
Mariana Mazzucato, Open University UK
R. Vilela Mendes, UTL
J. C. Tiago de Oliveira, Univ. Évora
Luigi Orsenigo, Univ. Brescia
J. Pedro Pontes, ISEG
A. Gouveia Portela, IST