

## Caos Anti-Caos e Droga

### Fundamentos empíricos para um modelo biológico da toxicodependência baseado na teoria do caos

João Marques-Teixeira e Cristina Queirós

**Introdução** -- A abordagem da droga em termos biológicos não pode desligar-se das propostas mais recentes quanto à sua compreensão e explicação. Agra (1986) e Marques-Teixeira (1993) propõem que este fenómeno seja compreendido no âmbito dos fenómenos complexos e de dinâmica não linear. O modelo proposto por Agra (1986), posteriormente aplicado à biologia do Sistema Nervoso por Marques-Teixeira (1993) sugere, no essencial, que a droga seja considerada um ruído que, quando introduzido no sistema da pessoa (seja no sistema da personalidade como Agra propõe, seja no Sistema Nervoso Central como Marques-Teixeira propõe), faça funcionar o princípio da ordem a partir da desordem.

Esta proposta pressupõe que a personalidade em geral e o Sistema Nervoso em particular apresentem um funcionamento complexo, assente numa dinâmica não linear (1). O típico dos grandes sistemas interactivos é uma auto-organização (2) permanente num estado crítico no qual um acontecimento menor pode desencadear uma cadeia de reacções que pode conduzir a uma catástrofe (Bak e Chen, 1991). Este tipo de funcionamento foi descrito pelos autores como teoria dos sistemas auto-organizados criticamente. Se bem que os sistemas complexos produzam mais acontecimentos menores do que catástrofes as reacções em cadeia maiores são uma parte integrante da sua dinâmica. Segundo esta teoria, os mecanismos que produzem os acontecimentos menores são os mesmos que produzem as catástrofes, para além de que este tipo de sistemas nunca atin-

gem um equilíbrio estável, evoluindo de estados meta-estáveis para outros estados meta-estáveis. Por outro lado, esta teoria pressupõe que os acontecimentos globais, tais como o número relativo de grandes e pequenos acontecimentos, não dependa de mecanismos microscópicos.

Os resultados da aplicação desta teoria a diferentes domínios das ciências (p.e. física, biologia) apontam para a existência de dados aparentemente incongruentes: estes sistemas apresentam-se instáveis em diferentes localizações, mas o estado crítico é absolutamente robusto. Para além disso, o comportamento global do sistema depende da sua história, de tal modo que as flutuações ao longo do tempo apresentam um aspecto errático, designado por "ruído flutuante". É a existência deste tipo de ruído que tem levado alguns investigadores a sugerirem que a dinâmica de um sistema está muito influenciada pelos acontecimentos passados. Ao contrário, o ruído branco, que é um sinal aleatório, implica uma não correlação entre a dinâmica corrente e os acontecimentos passados. Por outro lado, a distribuição dos acontecimentos num sistema complexo obedece a uma lei que pode ser enunciada do seguinte modo: o número de objectos dentro de uma esfera de raio  $r$  é proporcional à potência de  $r$  segundo uma constante  $d$ . Esta distribuição é geralmente chamada *fractal*.

Deste modo, as estruturas fractais e o "ruído flutuante" são as impressões, respectivamente espacial e temporal, de um sistema auto-organizado criticamente.

Esta descrição do sistema obedece a uma dinâmica assente numa relativa incerteza acerca das condições iniciais, incerteza que aumenta com o tempo, mas de uma forma mais lenta do que acontece nos sistemas totalmente caóticos. A incerteza aumenta de acordo com uma lei potencial e não de acordo como uma lei exponencial. Isto é, o sistema evolui nas margens do caos. Este comportamento, designado por *caos fraco*, é o resultado da auto-organização crítica.

O *caos fraco* difere significativamente do comportamento completamente caótico, já que este se caracteriza por uma escala temporal a partir da qual é impossível fazer previsões, enquanto que aquele não apresenta aquela escala temporal e por isso permite previsões de longo termo.

A aplicação deste modelo ao funcionamento cerebral tem sido feito por vários autores (cf. Basar, 1990 para revisão), tendo os resultados confirmado que o funcionamento cerebral obedece à lógica dos sistemas auto-organizados criticamente. Ou seja, apresentando um caos fraco, no qual é possível, através da desordem, descobrir uma organização ou ordem escondida. Este funcionamento é evidente, ao nível da neurofisiologia, através da tendência de um conjunto de neurónios para saltar abruptamente e simultaneamente de um padrão complexo de actividade para um outro, como resposta a pequenas entradas de informação.

Temos, então, que o Sistema Nervoso funciona segundo uma caológica fraca, manifestando padrões de comportamento abruptamente mutantes, mas exibindo também estados críticos estáveis, designados por atractores (3). A introdução de um estímulo-ruído num sistema assim organizado conduzirá, dependentemente da história do sistema, a uma bifurcação, na qual o comportamento do sistema é imprevisível.

Está definido o quadro de compreensão e explicação que iremos aplicar ao estudo do comportamento toxicodependente, na sua dimensão biológica: uma organização dos múltiplos subsistemas nervosos segundo uma lógica moderadamente caótica e operando segundo o princípio da auto-organização.

#### A neurobiologia da toxicodependência segundo a teoria do caos

Os resultados da investigação neurobiológica da toxico-

dependência apontam para um conjunto de estruturas cerebrais que estão implicadas no comportamento do Sistema Nervoso face a este tipo de estímulos. Assim, foram identificados o hipotálamo (Way, 1986), o sistema amígdala temporal-hipocampo (Ervin, 1968; Collier, 1969; Kern e Pozuelo, 1971), a via prosencefálica mediana posterior (Glick e Charap, 1973) e a formação reticular mesencefálica (Marcus e Kornetsky, 1974). Todas estas estruturas constituem o subsistema mesodiencefálico, cuja modelização em termos funcionais pode ser efectuada através do método das redes neuronais, conforme Marques-Teixeira (1993) demonstrou. A utilização desse método no trabalho referido permitiu definir a arquitectura funcional de uma rede neuronal com as características definidas nesta introdução.

Segundo este modelo, todos os neurónios numa determinada área do sistema mesodiencefálico participam na geração da actividade de uma determinada rede. Ou seja, a informação saliente acerca de um estímulo é transportada sob a forma de um determinado padrão distintivo em termos do funcionamento da rede, e não através de um conjunto pequeno de neurónios detectores de sinais que são excitados por determinados estímulos. Além disso, apesar desta actividade reflectir a estimulação, ela não é apenas determinada por essa estimulação; o funcionamento da rede, sendo auto-organizada, é também controlado por factores internos, incluindo a sensibilidade dos neurónios para a entrada de informação. Isto é, uma rede neuronal assim organizada é influenciada nas suas entradas quer por uma activação inespecífica que traduz as características internas do Sistema Nervoso, quer uma activação específica que traduz as características próprias do estímulo.

Aplicando os princípios enunciados na introdução temos que a activação inespecífica traduz a história do sistema e as suas características estruturais-funcionais estáveis, enquanto que a activação específica traduz a informação introduzida na rede pelos estímulos ambientais.

No caso da toxicodependência, a actividade específica traduz a informação entrada na rede pela presença ou pela abrupta ausência da droga nos circuitos sinápticos da rede. A operacionalização destas redes não é complicada: a sensibilidade dos neurónios reflecte a organização própria ao sujeito, e é traduzível pela activação inespecífica da rede (que pode ser medida perifericamente atra-

vés do RC, como Marques-Teixeira demonstrou (1993)), enquanto que a resposta da rede aos estímulos é traduzível pela activação específica da rede (que pode ser medida periféricamente através da AEP, conforme Marques-Teixeira também demonstrou (1993)). Assim, as flutuações da AEP indicam as respostas da rede à estimulação e as flutuações do RC indicam a resposta da rede às flutuações internas da activação inespecífica.

A utilização de medidas periféricas para captação dos índices de activação explica-se pelo tipo de circuitos neuronais em jogo — essencialmente circuitos límbicos — que estão na base do controlo das flutuações da activação do Sistema Nervoso Central. Ora, as medidas em questão constituem indicadores directos dessa mesma activação (Cacioppo e Petty, 1983; Croyle e Cooper, 1983, entre outros).

De acordo com o desenvolvido, o funcionamento normal da rede apresenta um comportamento irregular e caótico que se torna mais regular aquando da apresentação de um estímulo familiar e voltará a desorganizar-se sempre que seja introduzido um ruído informacional no sistema.

No que respeita aos toxicodependentes, os dados da investigação biológica sugerem que, ao nível bioquímico, o efeito do consumo de drogas, em termos dos circuitos neuronais envolvidos, se traduza por um aumento da produção de endorfinas (Guillemin, 1978; Gintzler, 1980). Um acontecimento destes numa rede organizada conforme atrás descrevemos resulta numa hiperactivação da rede, a partir dos níveis de activação inespecífica.

Uma rede assim estruturada implica um funcionamento hiperorganizado o que, em termos sistémicos,

<b>Estímulo</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Contagem</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

significa um funcionamento pouco adaptativo. Isto é, as redes neuronais sendo hiperactivadas perdem a capacidade para se auto-organizarem face ao ruído, já que esse auto-organização implica, como vimos, um acréscimo de ordem sobre um fundo de desordem. Sendo assim, iremos testar a hipótese de que o Sistema Nervoso Central dos sujeitos toxicodependentes apre-

sente uma hiperactivação inespecífica nas estruturas ligadas aos processos de auto-estimulação intra-cerebral e que essa hiperactivação condiciona um comportamento do sistema do tipo anti-caótico<sup>4</sup>. Isto é, a introdução de um estímulo ruído nestes sistemas traduz-se por uma “cristalização” do sistema em níveis de funcionamento hiperordenados.

### Metodologia

**Sujeitos** – Utilizamos como grupo experimental 10 sujeitos toxicodependentes (8 do sexo masculino e 2 do sexo feminino) com uma história de consumo de opiáceos de pelo menos 2 anos, estando abstinentes a qualquer tipo de drogas há pelo menos 3 meses. A média de idades é de 20,2 (d.p.= 4.6).

Utilizamos como grupo controle 10 alunos do curso de Psicologia da F.P.C.E.U.P., escolhidos aleatoriamente de um grupo de 27 alunos disponíveis, não apresentando história de qualquer consumo de drogas. Este grupo foi emparelhado ao grupo experimental em termos de sexo e de idade.

**Estímulos** – Manipulamos, neste estudo, o efeito Stroop<sup>5</sup> através da criação de uma interferência entre o valor de um algarismo e o seu número de ordem numa determinada série ordenada. Assim, os estímulos para esta experiência consistiram numa sequência de números, de 1 a 24, apresentada através de uma gravação na qual alguns dos números estavam fora de ordem. O sujeito deveria contar em voz alta os estímulos apresentados, o que nos permite esquematizar a sequência conforme mostra o esquema seguinte:

Waid e Orne (1982) utilizaram o conflito entre o valor numérico de um algarismo e o seu valor de ordem em estudos psicofisiológicos com delinquentes e classificaram os estímulos que se apresentavam fora de ordem (neste caso os algarismos 6, 9, 11, 14, 15, 20 e 24) como estímulos conflito e os restantes estí-

mulos como estímulos não conflito. Em trabalho anterior (Marques-Teixeira, 1993) demonstramos que este tipo de paradigma experimental constitui uma adequada maneira de introdução de um ruído informacional no Sistema Nervoso, em contexto de experimentação laboratorial.

**Material** – Os dados fisiológicos foram recolhidos por um polígrafo Modular System MED Associates Inc, ligado a um computador de tipo IBM, que através de um programa adequado fez a transformação, armazenamento e tratamento dos dados recolhidos para os índices Actividade Eléctrica da Pele e Ritmo de Pulso. O registo da Actividade Eléctrica da Pele (AEP) foi efectuado através do registo das respostas fásicas da condutância eléctrica da pele, utilizando 2 eléctrodos de prata/cloreto de prata de 1 cm de diâmetro, aplicados na face palmar da última falange dos dedos indicador e médio da mão não dominante.

O registo do Ritmo Cardíaco (RC) foi efectuado a partir do registo do ritmo do pulso digital, através da aplicação de um eléctrodo de prata de 1 cm diâmetro colocado entre os dedos indicador e polegar (última falange) da mão dominante. Este eléctrodo regista a variação da velocidade de passagem do sangue que, através de uma transformação por intermédio de um tacómetro, é apresentada em termos de flutuações da voltagem proporcionais ao ritmo cardíaco e discriminados em cada momento imediatamente após cada batimento. Assim, em cada momento é traduzida a aceleração/desaceleração do ritmo cardíaco relativamente ao momento anterior, o que permite ter uma medida altamente discriminativa das microflutuações deste ritmo ao longo do tempo.

Os locais de colocação dos eléctrodos foram escolhidos com base num estudo meta-analítico (Marques-Teixeira, 1993), sendo o critério de dominância, a escrita.

A apresentação dos estímulos auditivos foi efectuada através de um gravador Philips 06920 MK2, controlado pelo experimentador fora do campo de visão do sujeito, e ligado a um par de auscultadores Philips EM 6421.

**Procedimento** – Depois de o sujeito entrar no local onde iria decorrer a experiência era convidado a sentar-se numa cadeira confortável e ouvir as instruções

dadas através do gravador por uma voz masculina.

As instruções demoravam 1m e 52s, sendo baseadas no seguinte texto:

*“Vou-lhe ler uma lista de algarismos, um algarismo de dez em dez segundos. Deverá enunciá-los em voz alta pela ordem de aparecimento. Isto é, quando ouvir o primeiro número devera dizer um, quando ouvir o segundo deverá dizer dois e assim sucessivamente, independentemente do algarismo que eu lhe leia. Se responder incorrectamente contará como erro. Anotaremos o seu tempo de reacção verbal para cada algarismo que ouvir. Portanto responda tão depressa quanto lhe for possível após eu lhe ter lido o algarismo. Se responder antes de eu ter acabado a leitura de um determinado algarismo contar-lhe-emos também como erro. Responda tão depressa quanto possível sem cometer erros. Começarei a leitura dos algarismos dentro de dez segundos”.*

Em seguida era explicado ao sujeito que durante a apresentação dos estímulos seriam efectuados registos da AEP e do RC, razão pela qual não deveria fazer movimentos com as mãos ou braços.

Depois de dadas as instruções e esclarecidas as dúvidas que o sujeito pudesse ter apresentado, foram colocados os auscultadores através dos quais foram apresentados os estímulos e em seguida colocamos os eléctrodos nos locais já referidos. Iniciou-se então o registo da AEP e RC, enquanto o experimentador anotava a sequência de respostas verbais dadas pelo sujeito durante a apresentação dos estímulos, controlando deste modo os erros cometidos.

**Análise e transformação dos dados** – Para efeitos de análise dos dados foi calculada, separadamente para cada ensaio e para cada índice fisiológico, a média global da amplitude de todas as respostas consideradas no ensaio. Os estímulos foram codificados de modo a distinguir os sete estímulos conflito e os dezassete estímulos não conflito.

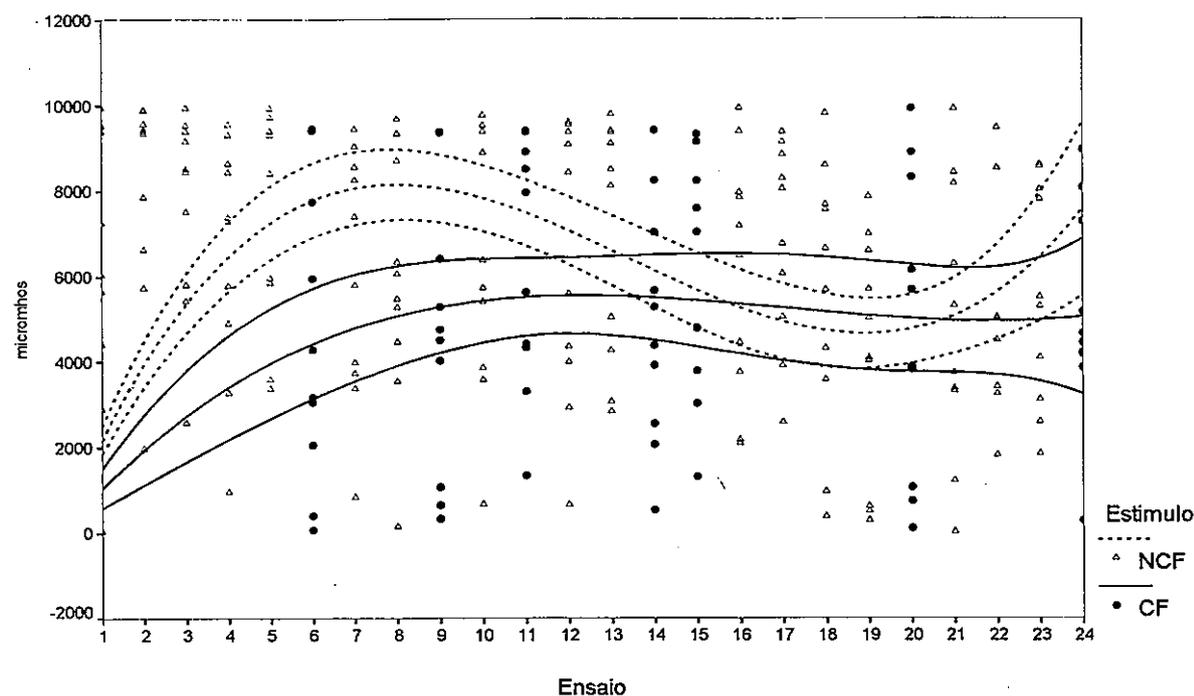
Todos os cálculos estatísticos foram efectuados programa SPSS PC+, usando como variáveis independentes o tipo de estímulo (conflito versus não conflito) e o tipo de sujeitos (toxicodependentes versus alunos). Como variável dependente consideramos a média da amplitude por período em cada um dos dois índices fisiológicos.

## Resultados

Primeiro verificamos se existiam variações entre os 2 grupos quanto à activação geral do Sistema Nervoso desencadeada pela experiência (estímulos conflito (CF) + estímulos não conflito (NCF)), nos dois tipos de medidas (AEP para a activação específica e RC para a activação inespecífica).

Os resultados dessa análise revelam que o grupo expe-

12,189,  $p=0.001$ ), e não apresenta diferenças significativas nos níveis de activação especificamente ligada à estimulação, traduzidos pelos valores das respostas fásicas da conductância eléctrica da pele ( $F(1,2)=1,281$ ,  $p=0.258$ ). No que se refere às flutuações da activação ao longo dos 24 ensaios e em cada grupo uma análise de multivariância do tipo  $2 \times 24 \times 2$  (grupos  $\times$  ensaios  $\times$  medidas) revelou não existirem diferenças significativas em cada grupo ao longo dos 24 ensaios e



**Figura 1** Gráfico representando a distribuição das amplitudes médias da AEP para o grupo controle e para os 24 ensaios. NCF - estímulos não conflito; CF - estímulos conflito. As bolas e os quadrados representam os valores da amplitude. As linhas tracejadas e contínuas representam as curvas resultantes da redução cúbica dos dados, respectivamente para os estímulos NCF e estímulos CF ( $R^2 = 0.77$  e  $0.76$ , respectivamente para estímulos NCF e CF). Torna-se evidente o carácter sinusoidal da curva associada aos estímulos NCF)

rimental apresenta níveis de activação inespecífica mais elevados que o grupo controle, traduzido por médias significativamente mais altas do RC ( $F(1,2)=$

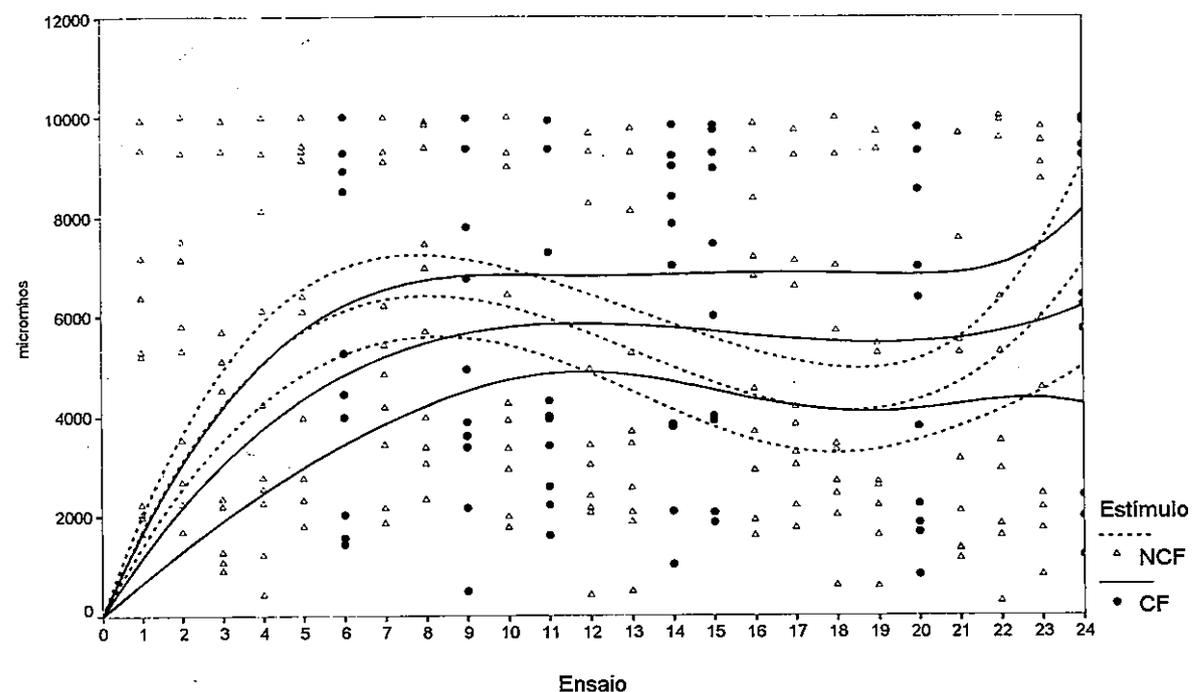
nas duas medidas ( $F(46, 214) = 0.497$ ,  $p=0.998$ , segundo o critério de Wilks).

Tendo caracterizado os grupos em termos de nível de

activação, passamos à análise do modo como cada grupo descodifica o ruído e os estímulos não ruído. Ou seja, analisamos o tipo de atractor ou ondas-padrão que, em cada grupo, permite distinguir os 2 tipos de estímulos apresentados. Para efectuar tal análise, procedemos a uma codificação da amplitude média numa grelha representativa da evolução temporal da experiência, com vista a proceder a uma análise da distribuição das amplitudes da AEP e do RC, por tipo de estímulo (CF e NCF) em

tipos de estímulos.

Os resultados sugerem, para ambos os grupos, a emergência de um padrão sinusoidal apenas para as médias da AEP e para os estímulos NCF (Fig. 1 e 2). Quanto aos estímulos CF, eles tendem a alterar esse padrão, para um tipo mais linear, sendo isso mais evidente para o grupo controle do que para o grupo experimental, conforme se verifica pelas figuras (em qualquer dos estímulos o R2 apresenta valores altos - 0.77 e 0.76 respectiva-



**Figura 2** Gráfico representando a distribuição das amplitudes médias da AEP para o grupo experimental e para os 24 ensaios. NCF - estímulos não conflito; CF - estímulos conflito. As bolas e os quadrados representam o valor da amplitude. As linhas tracejadas e contínuas representam as curvas resultantes da redução cúbica dos dados, respectivamente para os estímulos NCF e CF ( $R^2 = 0.70$  e  $0.76$ , respectivamente para os estímulos NCF e CF). Torna-se evidente o carácter sinusoidal da curva associada aos estímulos NCF)

cada grupo. A redução cúbica dos dados distribuídos permitirá elucidar qual o carácter da onda-padrão emergente em cada um dos grupos, relativamente aos dois

mente para estímulos NCF e CF, para o grupo controle; 0.70 e 0.76 respectivamente para os estímulos NCF e CF, para o grupo experimental). (ver Fig. 1 e 2)

Quanto ao RC, dos 2 grupos e os 2 tipos de estímulos não se distinguem, apresentando ambos uma ausência de periodicidades neste mesmo tipo de análise (Fig. 3 e 4) (em qualquer dos estímulos o R2 apresenta valores baixos - 0.42 e 0.40 respectivamente para estímulos NCF e CF, para o grupo controle; 0.31 para os dois tipos de estímulos, para o grupo experimental). (ver Fig. 3 e 4)  
Verificamos que não é, então, a forma temporal da

onda-padrão. Essa análise está representada na Fig. 5. Constatamos, através das figuras, que o padrão espacial relativo a esta distribuição é radicalmente distinto entre os 2 grupos e relativamente aos 2 tipos de estímulos. Isto é, o grupo controle caracteriza-se por uma ausência de ordem na distribuição das amplitudes relativas aos estímulos CF e a uma distribuição segundo um padrão mais ordenado relativamente aos estímulos NCF. Esta configuração é claramente distinta

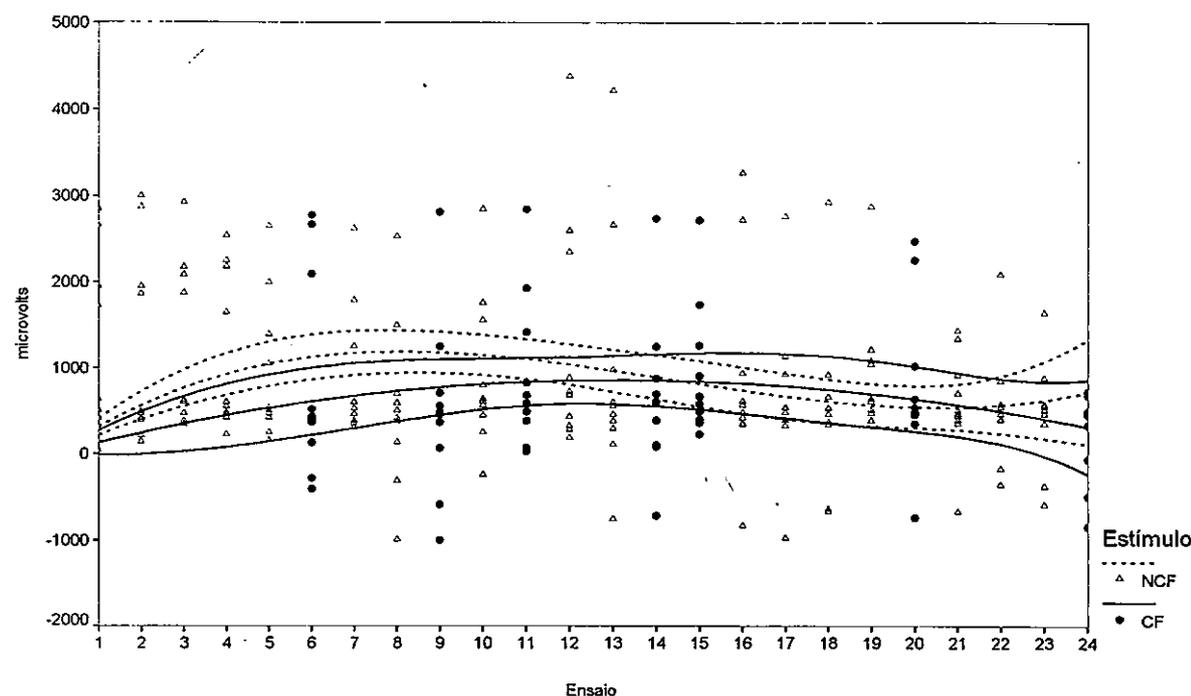


Figura 3: Gráfico representando a distribuição das amplitudes médias do RC para o grupo controle e para os 24 ensaios. NCF - estímulos não conflito; CF - estímulos conflito. As bolas e os quadrados representam os valores da amplitude. As linhas tracejadas e contínuas representam as curvas resultantes da redução cúbica dos dados, respectivamente para os estímulos NCF e estímulos CF ( $R^2 = 0.42$  e  $0.40$ , respectivamente para estímulos NCF e CF). Torna-se evidente a proximidade da linearidade das curvas associadas aos estímulos NCF e CF)

onda-padrão que revela o específico de cada grupo. Teremos que complexificar a análise, acrescentando a dimensão espacial à distribuição das amplitudes da

no grupo experimental, que apresenta uma organização padronal mais ordenada para qualquer dos estímulos e para as 2 medidas.

### Discussão

Em termos gerais, podemos afirmar que os resultados da experiência sugerem a existência de uma hiperactivação de base ao nível do Sistema Nervoso Central dos toxicodependentes, hiperactivação que revela as características estruturais-funcionais do Sistema Nervoso Central. Isto é, o facto de os resultados exibirem diferenças significativas nas amplitudes médias

ta nos 2 grupos, mas que a reactividade basal (ou inespecífica) é de facto maior no grupo experimental. Esta diferente organização estrutural-funcional do Sistema Nervoso Central relativamente aos 2 grupos é confirmada em termos das respostas desses grupos aos 2 tipos de estímulos: o grupo experimental não reage de modo distinto aos estímulos CF e NCF, ao contrário do grupo controle. Mas isto apenas acontece relativamente aos níveis da activação inespecífica (traduzida

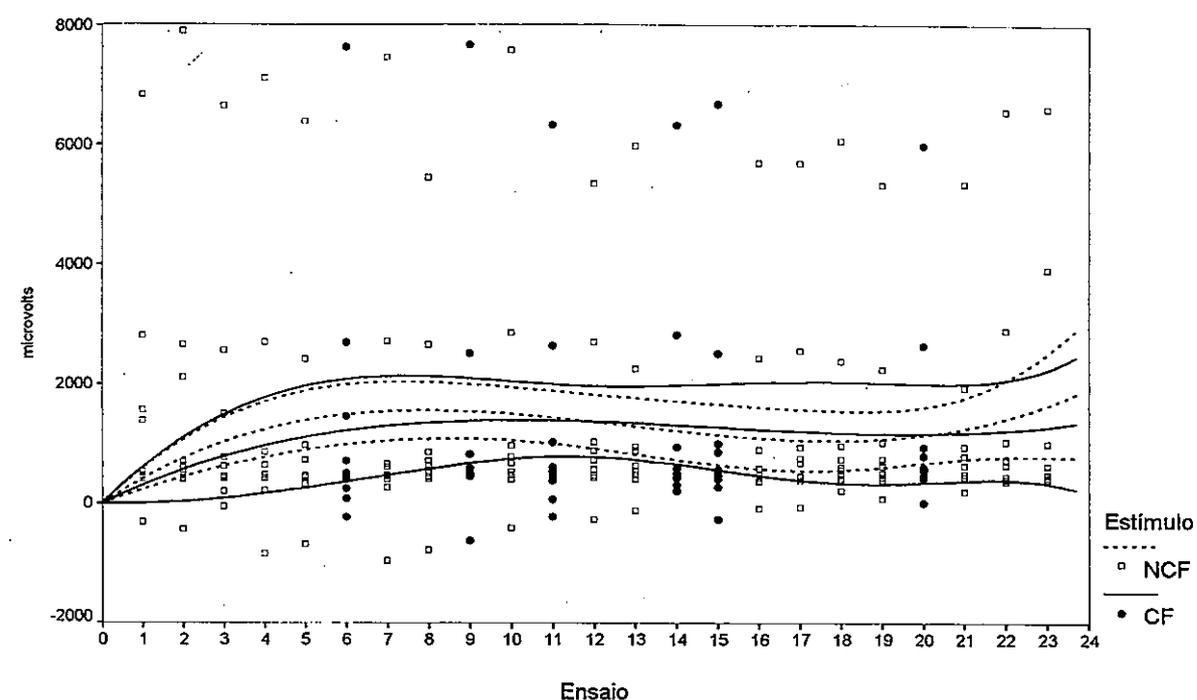


Figura 4: Gráfico representando a distribuição das amplitudes médias do RC para o grupo experimental e para os 24 ensaios. NCF - estímulos não conflito; CF - estímulos conflito. As bolas e os quadrados representam os valores da amplitude. As linhas tracejadas e contínuas representam as curvas resultantes da redução cúbica dos dados, respectivamente para os estímulos NCF e estímulos CF ( $R^2 = 0.31$  para ambos os estímulos). Torna-se evidente a proximidade das curvas associadas aos estímulos NCF e CF)

do RC e não apresentarem essas diferenças nas amplitudes médias da AEP, permite-nos sugerir que a reactividade geral aos estímulos apresentados não é distin-

pelas flutuações do RC nos 2 grupos), já que em termos de reactividade aos estímulos, os 2 grupos continuam a reagir de modo semelhante.

O tipo de organização sugerida pelas análises subsequentes aponta no sentido da manutenção de uma forma comum aos 2 grupos — uma onda sinusoidal — que constitui a onda-padrão comum ou atractor, conforme foi definido na introdução.

Esse atractor é revelado a partir da reactividade do Sistema Nervoso Central aos estímulos apresentados e não difere nos 2 grupos. Os resultados da redução cúbica das variações da distribuição das médias da AEP para

estímulos ambientais.

Quando a estes dados da organização temporal do Sistema Nervoso Central adicionamos uma referência espacial (traduzida pelas projecções da distribuição das amplitudes médias de cada estímulo num plano bi ou tridimensional) obtemos uma informação mais precisa sobre o funcionamento dos 2 grupos. De facto, os resultados sugerem que o grupo experimental apresenta indicadores de maior ordenação do que o grupo controle, tanto ao

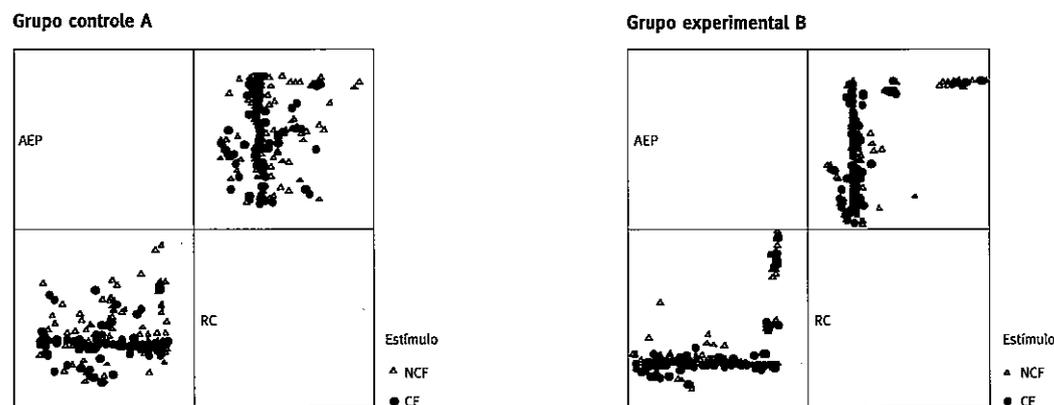


Figura 5: Mapa da distribuição das amplitudes médias da AEP e do RC, para o grupo controle (A) e para o grupo experimental (B), para os 2 tipos de estímulos (NCF - estímulo não conflito; CF - estímulo conflito). As manchas de distribuição, para o grupo controle, apresentam genericamente um padrão desorganizado, evidenciando, contudo, alguma organização relativamente à distribuição para as médias dos estímulos CF. Em relação ao grupo experimental, essas mesmas manchas apresentam um padrão organizado para qualquer um dos tipos de estímulos.

cada tipo de estímulo e para cada grupo permitem sugerir que o atractor seja um dado comum aos 2 tipos de grupos e que constitua a forma de organização do Sistema Nervoso Central face à introdução de um ruído informacional: sempre que um ruído é introduzido, o Sistema Nervoso Central salta de um tipo de atractor para outro, conforme os resultados nos sugerem através da linearização das curvas da redução cúbica das médias de distribuição da AEP. No entanto, relativamente à activação inespecífica, o comportamento do Sistema Nervoso Central dos 2 grupos é semelhante e sugere um tipo de organização não diferenciada entre os estímulos ruído e os não ruído. Isto sugere que, ao nível da activação inespecífica, o comportamento do sistema é mais ordenado e menos interferido pelas flutuações dos

nível da activação específica como da inespecífica. As análises dos mapas daí resultantes revela que a introdução de um ruído no Sistema Nervoso Central do grupo controle induz um funcionamento mais organizado relativamente ao funcionamento representado para a aplicação de um estímulo não ruído. Estes dados coincidem e complexificam os dados da análise temporal anteriormente efectuadas. Quanto ao grupo experimental, a introdução de um ruído informacional não altera o funcionamento do Sistema Nervoso Central deste grupo, sugerindo a não existência de um salto de atractores.

No grupo controle, a aproximação do padrão com a irregularidade, mas ainda estruturada, revela que a actividade neuronal neste grupo é caótica, complexa mas mantendo alguma ordem implícita. À medida

que a forma do padrão se for aproximando de uma linha recta mais a actividade do RC e da AEP é ordenada. Ora, este tipo de forma do padrão acontece, justamente, no grupo experimental, sugerindo que a actividade neuronal neste grupo está "cristalizada" num funcionamento ultraestável. Ou seja, é anti-caótica.

## Conclusões

Em primeiro lugar convém referir que a hipótese geral em estudo foi confirmada. De facto, o grupo experimental apresenta uma hiperactivação inespecífica relativamente ao grupo controle, e essa hiperactivação parece condicionar o comportamento diferencial do Sistema Nervoso Central deste grupo.

Para se considerar este comportamento do grupo experimental como um comportamento anti-caótico, tivemos em primeiro lugar, de demonstrar que o comportamento do Sistema Nervoso Central do grupo controle é um comportamento caótico. Esta demonstração foi feita através dos mapas bidimensionais da distribuição, já que as imagens daí resultantes se aproximam de manchas não totalmente organizadas. Se o comportamento fosse totalmente aleatório, não haveria formas coerentes, apenas pontos dispersos por todo o lado, como a "neve" no ecrã das televisões. Se por outro lado, o sistema fosse predizível em detalhe, as formas serão mais simples e aproximar-se-iam de uma linha recta. As formas encontradas representam atractores caóticos, sendo cada atractor o comportamento do sistema quando está sob a influência de um determinado estímulo.

A identificação do caos não revela automaticamente a sua fonte. Os resultados desta investigação sugerem-nos que o caos no cérebro emerge quando as fontes de activação - específica e inespecífica - correspondem a pelos menos duas condições: (1) se auto-alimentam mutuamente e com tal intensidade que permita prevenir que cada uma de per si se autonomize e, ao mesmo tempo, (2) que sejam incapazes de partilhar uma mesma frequência de oscilação. A competição entre as activações aumenta a sensibilidade e a instabilidade do sistema, contribuindo para o caos. Estas conclusões são suportadas pelo facto de quando as duas activações são desconectadas (como é o caso da introdução de um ruído) o caos desaparecer e ambas as partes se tornam anormal-

mente estáveis e lineares (cf. Figs. 1 e 5).

Se o comportamento do Sistema Nervoso Central do grupo controle é um comportamento que oscila entre o caos e a ordem, num permanente saltitar de atractor para atractor, vejamos como se configura o comportamento do grupo experimental atendendo a esta perspectiva.

Os mapas revelaram imagens bem mais próximas de linhas rectas, reflectindo não só a predizibilidade do sistema, como também a rigidificação ou "cristalização" deste sistema. A este funcionamento não estará alheio, com certeza, a libertação, em grande escala, de endorfinas para o sistema (como resultado do consumo de drogas) que aumenta drasticamente a sensibilidade, para além de um determinado limiar, para a entrada de informação. Nestas circunstâncias, o impacto de um sinal-ruído perde-se e o sistema não se altera.

Ou seja, em termos neurobiológicos, os toxicodependentes apresentam-se como hiperordenados, revelando uma incapacidade para se auto-organizarem face à introdução de um ruído informacional no seu sistema nervoso.

Neste sentido, esta experimentação tende a confirmar o modelo desenvolvido e a dar suporte ao conceito de "funcionamento anti-caótico" como o ponto chave da organização neurobiológica do toxicodependente. ■

João Eduardo Marques Teixeira

Psiquiatra e Psicoterapeuta

Professor da Universidade do Porto e investigador do Centro de Ciências do Comportamento Desviante da FPCE da UP

Cristina Leite Queirós

Assistente da FPCE da Universidade do Porto e investigadora do Centro de Ciências do Comportamento Desviante da mesma Faculdade.

**RESUMO:** Os autores partem de um modelo explicativo do fenómeno da droga, em termos biológicos, baseado nas teorias do caos e da complexidade para desenvolverem um estudo empírico, inspirado nessas teorias, onde basicamente foi manipulado um ruído informacional no Sistema Nervoso Central de um grupo, de toxicodependentes de heroína, em fase de abstinência, e captadas as respostas desse sistema em termos de indicadores periféricos da activação sub-cortical (actividade eléctrica da pele

e ritmo cardíaco). O estudo pretende testar a hipótese de que o Sistema Nervoso Central dos toxicodependentes apresenta um tipo de funcionamento anti-caótico, caracterizado por uma hiperordenação e "cristalização" da estruturação neurofuncional.

Os resultados confirmam essa hipótese quando são comparados com um grupo de não toxicodependentes, sendo também explicitada a metodologia de análise dos dados específica para a abordagem laboratorial dos fenómenos caóticos. ■

**RÉSUMÉ:** Les auteurs sont partis d'un modèle biologique fondé sur le chaos et la complexité pour développer une recherche empirique dans laquelle se manipule un bruit informationnel dans le système nerveux central d'un groupe de toxicomanes (heroinomanes) en phase de privation, mesurant l'index physiologique périphérique de l'activation centrale (activité électrique de la peau et rythme cardiaque). L'étude veut tester l'hypothèse de que le SNC des toxicomanes présente un type d'organisation anti-caotique caractérisée par une haute ordination et "cristallisation" de la structure neuro fonctionnelle.

Les résultats confirment cette hypothèse lorsque comparés avec un groupe de non toxicomanes.

La méthodologie d'analyse des données, spécifique pour l'abordage expérimental des phénomènes chaotiques, est aussi décrite dans ce travail. ■

**ABSTRACT:** From a biological theory of drug addiction, based on chaos and complexity models, the authors developed an empirical research where they manipulate an informational noise in the Central Nervous System of a group of drug addicts, out of drugs for 3 months, measuring peripheral physiological index of central activation (electrical dermal activity and heart rate). The hypothesis being tested was that drug addicts Central Nervous System had an anti-chaos organisation, characterised by a high order or "crystallisation" of the neurofunctional organisation. Results confirmed the hypothesis when compared with a group of non drug addicts, being also explicit the specific methodology of data analysis for the experimental approach of chaos. ■

## BIBLIOGRAFIA

- AGRA, C. (1986): *Science, Maladie Mentale et Dispositifs de l'Enfance. Du paradigme biologique au paradigme systemique*. Lisboa: INIC, 465-466.
- AGRA, C. (1986a): Sujet autopoïétique et transgression. Em *Acteur Social et Délinquance. Une grille de lecture du système de justice pénale. Hommage au Professeur Christian Debuyst*. Bruxelles: Ed. Pierre Mardaga.
- BAK, P. e CHEN, K. (1991): Self-organized criticality. *Scientific American*, 264: 26-33.
- BASAR, E. (Ed.) (1990): *Chaos and Brain Function*. Nova Iorque: Springer-Verlag.
- CACIOPPO, J. e PETTY, R. (1983): Foundations of social psychophysiology. Em Cacioppo, J. e Petty, R. (Eds.), *Social psychophysiology: A sourcebook*. Nova Iorque: Guilford Press.
- COLLIER, H. (1969): Humoral transmitters, supersensitivity, receptors and dependence. Em Steinburg, H. (Ed.), *Scientific basis of drug dependence*, Londres: Churchill, pag. 49-66.
- CROYLE, R. e COOPER, J. (1983): Dissonance arousal: Physiological evidence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 782-791.
- ERVIN, F. (1968): Effects of opioids on electrical activity of deep structures in the human brain. Em Wikler, A. (Ed.), *The addictive states*. Baltimore: Williams and Wilkins, pag. 150-156.
- GINTZLER, A. (1980): Endorphin-mediated increases in pain threshold during pregnancy. *Science*, 210, 193-195.
- GLICK, S. e CHARAP, A. (1973): Morphine dependence in rats with medial forebrain bundle lesions. *Psychopharmacologia*, 30, 343-348.
- GUILLEMIN, R. (1978): Peptides in the brain: The new endocrinology of the neuron. *Science*, 202, 390-401.
- KAUFFMANN, S. (1991): Antichaos and adaptation. *Scientific American*, 265: 64-70.
- KERR, F. e POZUELO, J. (1971): Suppression of physical dependence and induction of hypersensitivity to morphine by stereotaxic hypothalamic lesions in addicted rats. *Mayo Clinic Proceedings*, 46, 653-665.
- MARCUS, R. e KORNETSKY, C. (1974): Negative and positive intra cranial reinforcement thresholds: effects of morphine. *Psychopharmacologia*, 38, 1-13.
- MARQUES-TEIXEIRA, J. (1993): *Toxicodependência e Auto-Organização*. Lisboa: Instituto Piaget.
- WAID, W., ORNE, M. (1982) Reduced electrodermal response to conflict, failure to inhibit dominant behaviors and delinquency proneness, *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 43, nº4, 769-774
- WAY, E. (1968): Distribution and metabolism of morphine and its surrogates. Em Wikler, A. (Ed.), *The addictive states*. Baltimore: Williams e Wilkins, pag. 13-31.

- (1) - Cf. Agra (1986a) e Marques-Teixeira (1993) para a demonstração que os sistemas da personalidade e o Sistema Nervoso funcionam segundo uma lógica complexa e uma dinâmica não linear.
- (2) - Cf. Marques-Teixeira (1993) para definição do conceito de auto-organização.
- (3) - Cf. Marques-Teixeira (1993) para definição do conceito de atrator.
- (4) - Considera-se comportamento anti-caótico sempre que os sistemas muito desordenados passem espontaneamente a "cristalizar" num alto grau de ordem, segundo os trabalhos de Kauffman (1991).
- (5) - Cf. Marques-Teixeira (1993) para desenvolvimento do efeito Stroop.