

## **Sincronização no Caos**

### **Física**

Enviado por: Visitante

Postado em: 15/07/2010

Cientistas brasileiros demonstram dualidade da sincronização de amplitude-fase em sistemas caóticos. Estudo, publicado na *Physical Review Letters*, tem implicações em áreas diversas como espaço, meteorologia, fisiologia respiratória e mercado de capitais.

Por Fabio Reynol Estudos sobre manchas solares, fisiologia respiratória, operações financeiras, meteorologia e outras áreas tão diversas como essas poderão se beneficiar de uma pesquisa publicada no periódico *Physical Review Letters*. O trabalho foi feito por cientistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos (SP), em cooperação com colegas das universidades japonesas de Kyoto e de Hokkaido. Por meio de simulações numéricas, o grupo analisou a intermitência espaço-temporal, um fenômeno encontrado em fluidos, plasmas, óptica, reações químicas e biomedicina. A demonstração da dualidade da sincronização de amplitude-fase feita pelo grupo pode ser aplicada em ciclos solares, variabilidades climáticas, plasmas de fusão termonuclear controlada, ritmos cardíacos e respiratórios, sinais sísmicos e frentes de ionização no Universo, entre outros exemplos. A intermitência é caracterizada por uma série temporal que exhibe períodos laminares que, por sua vez, são intercalados por surtos de flutuações de grandes amplitudes. Já na chamada intermitência espaço-temporal, o sistema apresenta um comportamento caótico no tempo e também no espaço. O grupo foi liderado pelo físico espacial Abraham Chian, do Inpe, e investigou o mecanismo físico da intermitência do tipo on-off na transição do caos temporal para o caos espaço-temporal, com base na simulação numérica de um modelo não-linear de ondas longas. Esse modelo matemático pode ser utilizado para descrever fenômenos como a evolução da onda de deriva em plasmas ou de um tsunami em um oceano. "O avanço significativo é a demonstração da dualidade da sincronização de amplitude-fase das flutuações, o que pode ser aplicado em muitos problemas de sistemas complexos como, por exemplo, o funcionamento do coração ou flutuações da bolsa de valores", disse Chian à Agência FAPESP. O trabalho contou com o apoio da FAPESP por meio de um Auxílio à Pesquisa – Regular coordenado por Erico Rempel, professor do ITA, e de Bolsa de Pós-Doutorado para Rodrigo Miranda, do ITA. Yoshitaka Saiki, das universidades de Kyoto e Hokkaido, esteve no Brasil em 2006 com apoio da FAPESP. Os três também assinam o artigo publicado na edição de 25 de junho da *Physical Review Letters*. O grupo também teve a participação de Michio Yamada, professor da Universidade de Kyoto, conhecido por ter desenvolvido o modelo GOY (Gledzer-Ohkitani-Yamada) de turbulência em fluidos. O estudo promoveu também avanços metodológicos. Os pesquisadores lançaram mão tanto da representação de Fourier como a de Lyapunov para calcular as entropias espectrais de potência e de fase, bem como as médias temporais dos espectros de potência e de fase. Segundo Chian, a metodologia desenvolvida durante o trabalho poderá ser aplicada na resolução de uma grande variedade de problemas em sistemas físicos, biológicos, químicos e tecnológicos. Problemas no ritmo cardíaco e crises nas bolsas de valores são exemplos de instabilidades nesses sistemas. "Quando essa instabilidade evolui para um sistema não linear, esse fenômeno caótico que analisamos aparece", disse. A pesquisa focou nesse ponto de transição entre o período de fluxo laminar e o turbulento. O fato de o estudo poder ser aplicado também na análise de imagens implica que poderá auxiliar estudos de

manchas solares. Chamadas de regiões solares ativas, essas manchas apresentam comportamento turbulento enquanto as regiões à sua volta atuam de maneira laminar. “Nosso trabalho poderá ajudar a entender a diferenciação das regiões solares ativas”, disse Chian. Entender a transição de sistemas laminares para sistemas turbulentos pode ajudar também nas investigações sobre o clima, como a formação de fenômenos meteorológicos como furacões e tornados. A investigação atual está relacionada a outro trabalho publicado anteriormente também na *Physical Review Letters*. Na época, o grupo de Chian caracterizou uma nova estrutura chamada de “selas caóticas” que ajudam a prever o comportamento de um sistema caótico e a controlar caos e turbulência em sistemas complexos. O nome foi inspirado nas selas de montaria devido a uma característica dessas estruturas: elas são estáveis em uma direção e apresentam instabilidade nas direções transversais a essa.

Prêmio Guggenheim Chian foi um dos quatro brasileiros agraciados com a bolsa de 2010 da Fundação Memorial John Simon Guggenheim, dos Estados Unidos, que contemplou 180 pesquisadores, professores e artistas. A premiação envolve uma bolsa de cerca de US\$ 23 mil para ser utilizada em pesquisas na área de estudo do ganhador. Anunciado no início de junho, o prêmio de 2010 contou com cerca de 3 mil inscrições. Foram contemplados 37 latino-americanos e o Brasil teve quatro laureados: Patricia Torres Bozza (Instituto Oswaldo Cruz), na categoria biologia molecular e celular; João Ricardo Mendes de Oliveira (Universidade Federal de Pernambuco), na categoria neurociência; Jorge Villavicencio Grossmann, violinista e compositor radicado nos Estados Unidos, na categoria composição musical; e Chian, escolhido na categoria ciência da Terra. O artigo *Amplitude-Phase Synchronization at the Onset of Permanent Spatiotemporal Chaos* (doi: 10.1103/PhysRevLett.104.254102), de Abraham Chian, Rodrigo Miranda, Erico Rempel, Yoshitaka Saiki e Michio Yamada, pode ser lido por assinantes da *Physical Review Letters* em <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v104/i25/e254102>. Esta notícia foi publicada em 15/07/2010 no sítio [www.agencia.fapesp.br](http://www.agencia.fapesp.br). Todas as informações nela contida são de responsabilidade do autor.