



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

Física, Economia e Econofísica.

Em 1687, o físico e matemático inglês Sir Isaac Newton (1642-1727) publicou seu famoso livro **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica** (“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”) [**Great Books of the Western World 32** (Encyclopaedia Britannica, Inc./Chicago, 1993)]. Neste verbete, mostraremos como os primeiros **Modelos Econômicos** foram fortemente influenciados pela Mecânica de Newton apresentada naquele livro. Posteriormente, com o desenvolvimento da **Física**, baseado ainda no mecanicismo newtoniano, verificamos que novos **modelos econômicos** propostos também tiveram aquele mecanicismo como suporte científico desses novos modelos, desta vez, com grande apoio matemático, principalmente do hoje Cálculo Diferencial e Integral, que havia sido criado pelo próprio Newton (teoria das fluxões), em 1671 e, independentemente, pelo filósofo e matemático alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), em 1675. No Século 20, o desenvolvimento da Mecânica Estocástica, relacionada a movimentos aleatórios, principalmente o **movimento browniano**, deu ensejo, a partir dos primeiros anos da década de 1970, à criação de uma nova **Economia**, relacionada com a **Física**, hoje conhecida como **Econofísica**. Para descrever a evolução desses **modelos econômicos**, usaremos os seguintes textos: Porto C. H. Carreiro, **História do Pensamento Econômico** (Editora Rio, 1975); Leo Huberman, **História da Riqueza do Homem** (Zahar Editores, 1976); Fritjof Capra, **O Ponto de Mutação** (Cultrix, 1986); Mario Henrique Simonsen, **Ensaio Analítico** (Fundação Getúlio Vargas, 1994); Rosário Nunzio Mantegna and Harry Eugene Stanley, **An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance** (Cambridge University Press, 2001); Carlos Lenz César, **Econofísica, IV Semana de Física** (UFPA/2005); e Ayrton Soares Ribeiro, **Análise Numérica e Controle de Caos Aplicados à Econofísica** (Trabalho de Conclusão de Curso, *Faculdade de Física da Universidade Federal do Pará*, 2010).

Física, do grego *physis* (“natureza”), como disciplina separada da Filosofia e da Astronomia, principia a ser delineada na Idade Média quando as ideias do filósofo grego Aristóteles de Estagira (384-322) sobre o movimento começaram a ser criticadas e reformuladas nos trabalhos realizados pelos eruditos ingleses da *Universidade de Oxford* [Thomas Bradwardine (c.1290-1349), William Hetesbury [floresceu cerca (f.c.) 1330-1348], John of Dumbleton (f.c.1338-1348) e Richard Suiseth (Swineshead) (f.c.1344-1355)] e da *Universidade de Paris* [o erudito alemão e Bispo de Lisieux Nicholas Oresme (Nicole d’Oresme) (c.1325-1382) e o filósofo francês Jean Buridan (c.1300-1358)], no período compreendido entre 1330 e 1360 (vide verbete nesta série). Contudo, a **Física** só se estabelece praticamente como disciplina independente com os trabalhos de Newton sobre as leis básicas da Mecânica (Lei da Inércia, Lei da Força e Lei da Ação e Reação), desenvolvidos no já referido **Principia** apesar desse livro não trazer explicitamente o vocábulo **Física**. Este livro foi escrito em 1686 e editado em 1687 (conforme registramos), por intermédio do astrônomo inglês Sir Edmund Halley (1656-1742), homem rico, amigo e admirador de Newton (vide verbete nesta série).

Por seu lado, a **Economia**, do grego *oikonomia* (“governo de casa”), como disciplina separada da Filosofia e da Política surge no final da Idade Média (século XV), na medida em que começa a se impor o sistema sensualista de valores, segundo o qual só a matéria é a realidade última. A grande expressão desse sistema é o **mercantilismo**, sistema esse baseado na premissa de que a riqueza de uma nação decorre da acumulação de dinheiro através do comércio exterior. (Os **mercantilistas** achavam que o Governo devia regular as atividades econômicas para garantir uma balança comercial favorável.) Tal sistema foi característico do período de transição do **feudalismo** ao **capitalismo**.

O primeiro uso da **Física** na **Economia** ocorreu quando o economista político e estatístico inglês Sir William Petty (1623-1687), amigo de Newton e, provavelmente, conhecedor de suas ideias, escreveu uma série de livros nos quais se encontra a gênese da Teoria Monetária e Política Econômica Moderna. Com efeito, em seus livros denominados **Treatise of Taxes and Contributions** (“Tratado de Taxas e Contribuições”), de 1662, **Essays in Political Arithmetick and Political Survey** (“Ensaio em Aritmética Política e Avaliação Política”), de 1672, **Verbum Sapienti**, de 1665, e **Quantulumcumque**

Concerning Money, de 1682, Petty substituiu palavras e argumentos por números, pesos e medidas, expondo conceitos que se tornaram pedras angulares da **Economia**. Dentre eles, destacam-se: **valor da força de trabalho**, segundo o qual o valor de um produto é determinado unicamente pelo trabalho humano necessário para produzi-lo; **monopólio**; e **salário justo**. Além disso, Petty fez a distinção entre **preço** e **valor**, descreveu as vantagens da divisão do trabalho, discutiu as noções de quantidade de dinheiro e sua velocidade de circulação, bem como sugeriu a realização de obras públicas como condição para diminuir o desemprego. É interessante destacar que essa ideia só seria retomada quase 300 anos depois por John Maynard Keynes (1883-1946), em 1936, em seu livro **General Theory of Employment, Interest and Money** (“Teoria Geral do Emprego, do Juro e do Dinheiro”).

As ideias de Petty (francamente influenciadas pela mecânica newtoniana) foram complementadas por outros estudiosos de Newton. Assim é que o filósofo inglês John Locke (1632-1704), também amigo pessoal de Newton, analisou a formação dos preços em função da **oferta** e da **procura**, mostrando que essa função deveria relacionar variações contínuas de quantidades muito pequenas. Na moderna Teoria Econômica, esse estudo — transformado na famosa **Lei da Oferta e Procura** (outra pedra angular da **Economia**) — é apresentado num gráfico clássico, em que as curvas de **oferta** e de **procura** são representadas em um diagrama bidimensional. Tal gráfico é construído baseado no hoje Cálculo Diferencial e Integral criado por Newton e, independentemente, por Leibniz conforme já destacamos anteriormente.

Um outro **conceito econômico**, que se apoia nas leis do movimento e do equilíbrio newtonianos, foi o introduzido pelo economista e médico francês François Quesnay (1694-1774) em seu livro escrito em 1758 e intitulado **Tableau Economique** (“Quadro Econômico”). Neste livro, Quesney - que também era médico da corte francesa -, defende a tese de que a riqueza de uma nação se extrai da Natureza e deveria apoiar-se na Agricultura por ser essa a única atividade verdadeiramente produtiva. A relação entre as sociedades deveria ocorrer por um direito natural que equilibraria os **avances** (estoques de riqueza acumulados em consequência do aumento de produção) entre elas, produzindo, por via de consequência, o máximo benefício de todos. Esse sistema de governo que ficou conhecido como **Fisiocracia** (“Governo da Natureza”), defendia a ampla liberdade econômica, sintetizada na máxima **laissez-faire, laissez-passer** (“deixar fazer, deixar passar”). Para assegurar essa ordem natural, o Governo não deveria intervir nos negócios econômicos. Os defensores desse **Modelo Econômico** achavam que os indivíduos se tornavam mais produtivos quando lutavam por seus interesses sem imposições externas, e ao Estado caberia, apenas, o papel de garantir essa liberdade econômica.

Um segundo uso da **Física** na **Economia** surge nos trabalhos do filósofo, político e economista escocês Adam Smith (1723-1790), principalmente no famoso **An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations** (“Uma Investigação sobre a Natureza e as Causas da Riqueza das Nações”) [**Great Books of the Western World 36** (Encyclopaedia Britannica, Inc./Chicago, 1993)], publicado em 1776. Smith viveu uma época em que a Revolução Industrial, provocada pela **máquina a vapor**, começara a transformar social e economicamente a Inglaterra. Vejamos como ocorreu essa Revolução.

Conforme vimos em verbetes desta série, apesar do vapor haver sido utilizado pelo grego Teodoros (f.c. 530 a.C.) ao introduzir, por intermédio dele, um sistema de aquecimento central no templo de Diana em Éfeso, na Grécia Antiga, por volta do Século 6 a.C., o seu uso através de um dispositivo específico só foi conseguido por intermédio da **máquina a vapor** do inventor e engenheiro inglês Thomas Savery (1650-1715), em 1698. Esse dispositivo de Savery teve um grande impacto sócio-econômico, pois foi empregado nas minas de carvão para bombeamento de água, substituindo, então, a tração animal e a humana. A limitação do emprego da máquina de Savery, até 8-10 atmosferas de pressão do vapor utilizado, fez com que novos melhoramentos fossem nela introduzidos. Assim, o inventor e engenheiro inglês Thomas Newcomen (1663-1729), em 1712, incorpora o **pistão** para controlar a pressão atmosférica. Por seu lado, o engenheiro escocês James Watt (1736-1819), em 1765, ao inventar o **condensador**, contornaria a grande ineficácia da máquina de Newcomen-Savery, que era a relacionada com o resfriamento e posterior condensação do vapor para produzir o vácuo. Este era fundamental para a sucção, e esta um dos objetivos principais da **máquina a vapor** de então. Na máquina de Watt, o aquecimento e o resfriamento do vapor aconteciam em compartimentos diferentes.

O aperfeiçoamento técnico de Watt à **máquina a vapor**, permitiu a ampliação do campo de utilização sócio-econômica desses dispositivos. Por outro lado, a aplicação desses dispositivos na indústria têxtil e nos transportes marítimos e terrestres, consolidaram a Revolução Industrial. É oportuno salientar que o desenvolvimento da **máquina a vapor** deveu-se ao estudo matemático dos gases, feito inicialmente pelo físico inglês Robert Boyle (1627-1691), em 1662, ocasião em que apresentou sua famosa lei relacionando pressão e volume de um gás à temperatura constante, e

completada com os trabalhos do físico inglês Robert Hooke (1635-1703) e de Newton (vide verbete nesta série).

Voltemos à **Economia**. Adam Smith, amigo pessoal de Watt, observou que uma nova ordem econômica estava surgindo na Inglaterra, tendo o vapor como força motriz, e que iria ser ele, o vapor, a base da mecanização industrial que estava começando a ser utilizada na indústria do algodão. Assim, iniciou críticas à doutrina **mercantilista** sobre a riqueza de uma nação que, segundo tal doutrina, e conforme vimos anteriormente, uma nação tornava-se rica pelo aumento do comércio externo e pelo acúmulo das reservas de ouro (Au) e prata (Ag). Apoiado nas concepções econômicas de Petty, de Locke e dos fisiocratas, Adam Smith formulou uma nova doutrina econômica, oposta à do **mercantilismo**, e segundo a qual, conforme já nos referimos, a verdadeira base da riqueza de uma nação é a **produção**, resultante do trabalho humano e dos recursos naturais. O equilíbrio newtoniano da teoria econômica de Adam Smith era conduzido pela mão invisível do **mercado** que guiaria o interesse pessoal de cada empresário, produtor e consumidor, e traria o bem comum para todos. Para Smith, o **lucro** — diferença entre a venda e o custo de um bem qualquer — das empresas era justificado pois, através dele, haveria o reinvestimento em mais fábricas e máquinas, e haveria também mais empregos, provocando, desse modo, a expansão da produção e, conseqüentemente, o crescimento da renda nacional.

O conceito de **lucro smithiano** foi retomado pelo economista inglês David Ricardo (1772-1823) em seu livro denominado **Principles of Political Economy and Taxation** (“Princípios de Economia Política e Tributação”), publicado em 1817. Ricardo, baseado na teoria do demógrafo e economista inglês Thomas Robert Malthus (1766-1834), formulada em seu livro intitulado **An Essay on the Principle of Population as it Affects the Future Improvement of Society, with Remarks on the Speculation of Mr. Godwin, M. Condorcet and other Writers** (“Um Ensaio sobre o Princípio da População que Afeta o Melhoramento Futuro da Sociedade, com Observações sobre a Especulação do Sr. Godwin, M. Condorcet e outros Escritores”), publicado em 1798 (e segundo o qual, enquanto a população tende a crescer em progressão geométrica, a oferta de alimentos cresce em progressão aritmética), observou que, em consequência desse princípio malthusiano, o valor das terras de qualidade aumentaria, o que acarretaria um cultivo das terras pobres **marginais** e uma conseqüente diminuição do **lucro**, desacelerando, dessa forma, o crescimento econômico. No entanto, para Ricardo, o equilíbrio newtoniano da **Economia** seria restabelecido com a disseminação da industrialização pelo mundo. Ricardo também utilizou o conceito de **força de trabalho** de Petty, porém incluiu na definição de preço de um produto (também conceituado por Petty), o requerido para construir máquinas e fábricas. Porém, para ele, o **lucro** era algo tomado da **força de trabalho**. Esse novo conceito de **lucro** foi desenvolvido pelo político teórico, sociologista e economista alemão Karl Heinrich Marx (1818-1883), em seu **Das Kapital** (“O Capital”) [**Great Books of the Western World 50** (Encyclopaedia Britannica, Inc./Chicago, 1993)], cujo primeiro volume apareceu em 1867, por intermédio de sua **teoria da mais-valia**: diferença entre o que o trabalhador recebe de salário e o valor da mercadoria que produz. As teorias econômicas que se seguiram à de Ricardo, dentre elas a de John Stuart Mill (1806-1873), no livro intitulado **Principles of Political Economy** (“Princípios de Política Econômica”), de 1848, e a do próprio Marx, possuem todas a mesma base filosófica do **mecanicismo newtoniano**.

É interessante ressaltar que, em 1897, o sociólogo, filósofo, engenheiro e economista italiano Vilfredo Federico Damaso Pareto (1848-1923), em seu livro intitulado **Cours d'Économie Politique** (“Curso de Economia Política”), apresentou sua famosa e polêmica **Lei da Potência**: $p(x) \sim x^{-\alpha}$, onde $p(x)$ representa a probabilidade de um evento de magnitude x e α é um parâmetro de escala que pode ser determinado por observação empírica de um sistema ou por simulação do mesmo. Em consequência dessa lei, Pareto observou que a relação entre impostos estatais cobrados e a saúde oferecida à sociedade que a paga, através de toda a história da humanidade, obedece a uma relação do tipo 80/20. Essa relação também foi observada por ele em duas situações. Em 1906, na Itália, 80% das terras pertenciam a 20% de sua população. Outra ocasião, em seu jardim, ele observou que 20% de ervilhas em casca, continham 80% de ervilhas. Essa lei de Pareto se tornou a **regra prática** (“rule of thumb”) no mundo dos negócios: - **80% das vendas vêm de 20% dos clientes**. Registre-se que, a aplicação da Matemática na **Economia** já havia sido utilizada antes por alguns economistas, como, por exemplo, o francês Léon Walras (1834-1910), em seu famoso livro **Éléments d'Économie Politique Pure** (“Elementos de Economia Política Pura”), escrito entre 1874 e 1877, no qual ele afirma que *a Economia é essencialmente uma ciência matemática*.

Em 1900, uma tentativa frustrada de encontrar uma nova relação entre **Física e Economia** foi apresentada pelo matemático francês Louis Bachelier (1870-1946). Com efeito, em 29 de março daquele ano, ele defendeu na *Academia de Ciências de Paris* sua Tese de *Docteur en Sciences*

Mathématiques, intitulada **Théorie de la Spéculation** (“Teoria da Especulação”), sendo seu orientador o matemático francês Jules Henri Poincaré (1854-1912). Essa tese (publicada, ainda em 1900, nos *Annales Scientifiques de l’Ecole Normale Supérieure* 17, p. 21), que trata de opções de preços [**movimento browniano** (MB) ou caminho aleatório (*random walk*)] em **mercados financeiros especulativos**, recebeu as piores notas de seus examinadores e, portanto, foi rejeitada. Em vista disso, ela não foi considerada por seus professores e contemporâneos e, em consequência dessa rejeição, ele terminou sua vida como um obscuro professor em Besançon, capital de Doubs, departamento da região France-Comté, no leste da França (<http://cepa.newschool.edu/het/profiles/bachelier.htm>).

Antes de prosseguirmos sobre as relações entre **Física e Economia**, é oportuno fazer um breve comentário sobre o MB. Segundo vimos em verbetes desta série, esse tipo de movimento foi descoberto pelo botânico escocês Robert Brown (1773-1858), em 1828, em experiências nas quais observou, com a ajuda de um microscópio, que numa suspensão de grãos de pólen (da planta *Clarckia pulchella*) em água, cada grão se movia irregularmente. Como esse fenômeno repetiu-se com todas as espécies de substâncias orgânicas, Brown acreditou haver encontrado a **molécula primitiva** da matéria viva. No decorrer dessas experiências, Brown observou que o mesmo fenômeno acontecia com as substâncias inorgânicas ao distribuir partículas de corante em água, havendo, então, concluído que toda a matéria viva era constituída de moléculas primitivas. Mais tarde, esse fenômeno passou a ser conhecido como **movimento browniano** (MB), segundo já registramos. Os primeiros estudos matemáticos do MB foram realizados pelo físico germano-suíço-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) em uma série de artigos escritos em 1905, 1906, 1907 e 1908. Por sua vez, em 1923, o matemático norte-americano Norbert Wiener (1894-1964) apresentou uma formulação matemática mais precisa para o *random walk*, ao considerar a posição de uma “partícula browniana” como um aspecto importante em um **processo estocástico**.

Uma nova relação entre **Física e Economia** surge das pesquisas do matemático, estatístico e economista romeno Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994), reunidas em seu livro **The Entropy Law and the Economic Process** (“A Lei da Entropia e o Processo Econômico”), publicado em 1971. Georgescu-Roegen observou que as teorias econômicas desenvolvidas até então, apoiavam-se no mecanicismo primitivo de Newton, o qual desprezava o atrito, uma vez que, à época de Newton, nem a energia e nem a dissipação da mesma em consequência do atrito, haviam sido conceituadas. Observe-se que os primeiros estudos sobre o atrito foram feitos por Leonardo da Vinci (1452-1519) e por Galileu Galilei (1564-1642), respectivamente (vide verbete nesta série). Assim é que, Adam Smith e seus seguidores imaginavam que o equilíbrio newtoniano em seus modelos ocorria quase instantaneamente. Em vista disso, Georgescu-Roegen resolveu introduzir a dissipação de energia nos processos de produção.

Antes de analisarmos as consequências do **Modelo de Georgescu-Roegen**, vejamos como o conceito de dissipação de energia surgiu em **Física**. Com a construção da **máquina a vapor** de Watt, em 1765, como destacamos acima, os físicos começaram a estudar a razão pela qual o seu rendimento era baixo. Com efeito, o primeiro estudo científico a respeito da **máquina a vapor** foi o do físico francês Nicholas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), em seu famoso livro **Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu** (“Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo”), publicado em 1824, no qual demonstrou que a energia térmica do vapor em uma **máquina a vapor**, divide-se em duas partes: uma é transformada em trabalho aproveitável (mecânico) e a outra é dissipada sob a forma de calor. Estudos posteriores sobre a **máquina de Carnot** levaram o físico alemão Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888), em 1865, a formular o conceito de **entropia**, para explicar a dissipação de energia em uma máquina térmica e formalizar a Segunda Lei da Termodinâmica: — *Em um sistema isolado, a entropia cresce* (vide verbete nesta série).

É hora de voltarmos a Georgescu-Roegen. Em seu estudo sobre a **entropia** e a **máquina a vapor**, observou, então, que a dissipação da energia era importante quer para o desempenho da **máquina a vapor**, quer para o desenvolvimento da **Economia**. Assim, para esse economista, os processos de produção da sociedade industrial moderna provocam grandes atritos sociais (paranóia da guerra nuclear, desequilíbrio ecológico, hiperburocracia, criminalidade, tecnologias complexas, etc.) e, em consequência, há dissipação dos recursos da **Economia**, já que uma boa parte de tais recursos deve ser usada em atividades improdutivas: controle da criminalidade, proteção do meio ambiente, controle da máquina burocrática, absorção de tecnologias sofisticadas, etc. Portanto, para Georgescu-Roegen, o equilíbrio newtoniano que caracterizava os **Modelos Econômicos** desde Petty, deve ser substituído pela

eficiência termodinâmica, ou seja, tais modelos devem procurar reduzir a **entropia** decorrente das tensões sociais provocadas pelo processo produtivo. Note-se que esse trabalho de Georgescu-Roegen, completamente diferente da **Economia Neoclássica Newtoniana**, deu ensejo ao desenvolvimento da **Bioeconomia** e da **Economia Ecológica**, cujas primeiras pesquisas foram realizadas pela economista inglesa Hazel Henderson (n.1933), reunidas em diversos livros. Por exemplo: **Creating Alternative Futures** (Berkley Books, 1978); **The Politics of Solar Age** (Doubleday, 1981); **Paradigms in Progress** (Knowledge Systems, 1991); **Beyond Globalization** (Kumarian Press, 1999); **Planetary Citizenship** (com Daisaku Ikeda, Middleway Press, 2004); e **Ethics Markets: Growing in Green Economy** (Chelsea Green Publishing, 2006). (en.wikipedia.org/wiki/Nicholas_Georgescu-Roegen; [Hazel_Henderson](http://en.wikipedia.org/wiki/Hazel_Henderson)).

Depois de ser esquecida por mais de 70 anos, a ideia de Bachelier sobre o MB dos **mercados financeiros** foi retomada nos primeiros anos da década de 1970. Com efeito, em 1973 (*Journal of Political Economics* **81**, p. 637), os economistas norte-americanos Fischer Black (1938-1995) e Myron Samuel Scholes (n.1941; PNEconomia, 1997) (de origem canadense), desenvolveram o célebre **Modelo de Opção de Preço de Black-Scholes** [nome cunhado pelo economista norte-americano Robert Carhart Merton (n.1944; PNEconomia, 1997), ainda em 1973 (*Bell Journal of Economics and Management Science* **4**, p. 141)], no qual o **preço** segue um **movimento browniano geométrico** com tendências (velocidades) e volatilidade constantes. (pt.wikipedia.org/wiki/Black-Scholes; [Robert_C_Merton](http://pt.wikipedia.org/wiki/Robert_C_Merton)). Note-se que, em 1991, no livro intitulado **More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics** ("Mais Calor do que Luz: Economia como Física Social e Física como Economia da Natureza") (Cambridge University Press), o economista russo Piotr Mirowski investigou a influência da **Física na Economia**.

O **processo estocástico** (MB) que acontece no **mercado financeiro** (*soma dos contratos efetuados entre os compradores e vendedores de um dado produto ou serviço*) e sua **dinâmica** [*intermediação da interação entre os compradores e vendedores que determina os preços e as quantidades trocadas de produtos (bens industrializados, serviços etc.) e fatores de produção (trabalho, ações etc.)*], também foi objeto de estudo por parte do físico norte-americano Harry Eugene Stanley (n. 1941), especialista em Mecânica Estatística, no trabalho realizado, em 1996 (*Physica A* **224**, 302), intitulado **Anomalous fluctuations in the dynamics of complex systems: From DNA and physiology to econophysics**, trabalho esse no qual apareceu pela primeira vez o vocábulo **Econofísica**, e realizado com a colaboração de V. Afanasyev, L. A. N. Amaral, S. V. Buldyrev, A. L. Goldberger, S. Havlin, H. Leschhorn, P. Maass, Rosário Nunziò Mantegna (n.1960), C. K. Peng, P. A. Prince, M. A. Saling, M. H. R. Stanley e G. M. Viswanathan. Em 1999 (*Physica A* **269**, 156), Stanley, Amaral, P. Gopikrishnan, V. Plerou e Y. Lin publicaram um trabalho no qual perguntam se a **Física** pode contribuir para a **Economia**. A partir daí, começou o desenvolvimento dessa nova Ciência interdisciplinar, a **Econofísica**, que representa uma nova maneira de pensar sobre o sistema econômico-financeiro baseado na universalidade das propriedades da Mecânica Estatística e da Teoria da Complexidade, como se pode ver, por exemplo, nos seguintes textos (e nas referências neles citadas): Stanley and Mantegna (2001), op. cit.; Dean Rickles, **Econophysics and the Complexity of Financial Markets** (*Handbook of the Philosophy of Sciences; Philosophy and Complex Systems* **10**, p. 1, 2008).

Até aqui, vimos como a **Física** e a **Economia** se relacionaram e, devido a essa relação, decorre a proposta da existência de uma nova disciplina: **Econofísica**. Agora, vejamos como essa nova disciplina e a que lhe deu origem, a **Economia**, se comportam epistemologicamente e metodologicamente. Em trabalho recente de 2010 (*American Journal of Physics* **78**, p. 1), intitulado **Econophysics and economics: Sister disciplines?** ("Econofísica e economia: disciplinas irmãs?"), o economista belga Christophe Schinckus fez uma análise sobre a metodologia e a epistemologia usadas pelos **econofísicos** e pelos **economistas** em seus respectivos modelos, e registra algumas diferenças entre eles, sumarizadas da seguinte maneira: 1) a **Economia** usa o **reducionismo atomístico** no qual a realidade deve ser explicada em termos de um agente representativo racional; a **Econofísica** utiliza o **reducionismo interativo** onde fenômenos complexos podem ser descritos por intermédio da interação entre partes; 2) a **Economia** usa uma **distribuição mesokúrtica** [que é uma curva de probabilidade que apresenta a **kurtosis** próxima do zero; **kurtosis** (do grego *kurtos*, que significa bojudo) se apresenta ou com um pico longo e estreito ou com as extremidades ("tails") bojudas, (en.wikipedia.org/wiki/Kurtosis)] para estudar a mudança de **preços**; em decorrência disso, os **economistas** consideram uma perspectiva *a priori* e, desse modo, a dimensão empírica não tem influência nos preços e, portanto, as flutuações massivas dos dados apresentam uma pequena probabilidade; a **Econofísica** usa uma **distribuição leptokúrtica** (que é uma curva de probabilidade que apresenta a **kurtosis** positiva) e, portanto, os dados reais (empíricos) podem prever eventos extremos com alta probabilidade de acontecerem; 3) a **Economia** caracteriza o futuro como um **risco** em decorrência de diversos meios para modelar a **incerteza**; a **Econofísica** usa uma coleção de

instrumentos operacionais para estudar as situações de **incerteza** para poder orientá-la; 4) a **Economia** considera a **causalidade homopática** segundo a qual todos os macrofenômenos derivam fundamentalmente de ações racionais causais dos agentes (atores) e, portanto, o efeito total de diversas causas atuam em conjunto sendo então idêntico à soma dos efeitos de cada uma das causas individuais atuando sozinhos, ou seja, a **Economia** considera o **micronível**; a **Econofísica** considera a **causalidade heteropática** segundo o qual os **componentes do mercado** [*traders* (investidores), especuladores e *hedgers* (investidores no mercado futuro)] obedecem propriedades estatísticas, isto é, ela desconsidera a psicologia individual dos investidores e, desse modo, apenas o **macronível** do sistema pode ser observado; e 5) a **Economia** considera que o comportamento futuro dos macroconceitos como **mercado**, **risco sistêmico** e **crises financeiras** são impossíveis de ser previsto (p.e.: caso das crises de 1929 e 2008 nos Estados Unidos); a **Econofísica**, com seus instrumentos operacionais, poderá prever os eventos extremos.

Ao concluirmos este verbete no qual analisamos as relações entre **Física** e a **Economia** e o desenvolvimento de uma nova Ciência decorrente dessas relações - a **Econofísica** -, queremos chamar a atenção para a possibilidade de uma nova relação entre essas duas Ciências decorrente da invenção e da descoberta de dispositivos micro ($1\mu = 10^{-6}\text{m}$) e nano ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) como, por exemplo: *transistor* (1948); *fibra óptica* (1952); *circuito integrado (chip)* (1959); *laser* (1960); *LED* (“*Light-Emitting Diode*”) (1962); *transmissão de luz por fibras ópticas* (1966); *sensor CCD* (“*Charge-Coupled Device*”) (1970); *one-chip calculator* (O-CC) (1971); *4-bit microcomputer on a chip* (MC-C) (1972); *16-bit microprocessor* (MP) (1976); *16-bit microcomputer on a chip* (MC-C) (1977); *câmara digital* (CD) (1978); *World Wide Web* (WWW) (1980); *Internet* (1983); *fulereno* (C_{60}) (1985); *nanotubo* (1991); *magnetoresistência* (MR) (1994); *condensado Bose-Einstein* (1995); *grafeno* (2004); *molibdenita* (2011). Tais dispositivos, que têm como base teórica a Mecânica Quântica, desenvolvida no período entre 1925 e 1927 (vide verbete desta série) e demais disciplinas dela decorrente (p.e: Eletrodinâmica Quântica e Física da Matéria Condensada), provocaram grandes revoluções (Microeletrônica, Informática e Nanotecnologia) envolvendo a produção de bens e serviços, pois, cada vez mais, servo-mecanismos automáticos substituem pessoas. Desse modo, certamente será necessário propor um novo modelo (**Econômico?**, **Econofísico?**) que reflita a transformação social e econômica que a **automação** está procando no mundo industrial atual.



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)