

Ecologia, economia e sociologia: Finalmente as disciplinas se encontram (cientificamente falando).

William Roberto Luiz Silva Pereira

Consultor técnico do Instituto I2S – Inteligência para Sustentabilidade

Essas três ciências estão convergindo para um mesmo enfoque. Naturalmente elas surgiram em campos bem distintos, com perguntas específicas e respostas difíceis, e ao longo do tempo desenvolveram epistemologias próprias, conhecidas por aqueles que as dominam. Por outro lado físicos e matemáticos desenvolveram maneiras para “acessar” os sistemas físicos e, naturalmente, essas mesmas ferramentas puderam ser aplicadas para permitir o acesso aos sistemas ecológicos, econômicos e sociais. Como?

Essas três ciências possuem semelhanças. As partes interagentes que regulam cada um dos sistemas concorrem entre si de tal maneira que fica impossível antecipar através de um único modelo ou de uma única teoria o que poderá ocorrer no tempo seguinte. Assistimos a noticiários e percebemos facilmente que os fatos que ocorrem na economia e na sociedade são extremamente dinâmicos. Instabilidade econômica global, onde um país pede socorro para outro, sendo que alguns se posicionam e outros preferem não interferir; conflitos sociais disparados por eventos que às vezes são impossíveis antecipar; e catástrofes naturais, como no caso do Tsunami que colocou o Japão em pânico, são alguns pouquíssimos eventos que ocorrem e concorrem ao mesmo tempo e tem conseqüências muitas vezes inesperadas.

Tomamos o caso recente da morte do ditador da Coréia do Norte. Vimos imagens de vários civis chorando a sua morte e a imagem do póstumo ditador PEREIRA, William Roberto Luiz Silva. Ecologia, economia e sociologia: Finalmente as disciplinas se encontram (cientificamente falando). **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 1, p.162-171, fev. 2012.

sendo apresentada durante o funeral. A despeito do regime duro que as pessoas daquela sociedade estão submetidas e das possíveis críticas que poderiam ser feitas em torno desse fato, se encaramos isso do ponto de vista sistêmico, um não-especialista não ousaria dar qualquer palpite no impacto econômico e social que esse evento causaria naquele país e conseqüentemente na economia global. E os especialistas seriam bem cautelosos ao predizer qual seria o impacto desse evento dentro das áreas que possuem competência.

E também assistimos a grande instabilidade econômica que os países do Euro estão passando. O Brasil participou desse cenário, quando a presidente Dilma foi à cúpula do G20 para negociar ajuda à Europa. A União Européia decidiu cortar a ajuda ao desenvolvimento de 19 países emergentes, entre eles Brasil, China e Argentina, repassando a ajuda para os países mais pobres (Veja, 2012). Um evento inesperado que ocorreu nesses países junto ao cenário econômico nacional favorável colocou o Brasil nas discussões da solução desse problema.

Podemos perceber que fatos isolados, às vezes interconectados, às vezes desconexos, interagem de forma muito dinâmica e as relações de causa e efeito ficam cada vez menos palpáveis quando as possíveis influências que um evento pode exercer sobre outro são aumentadas, e ficaria ainda mais impossível saber como a soma desses eventos acarretaria em alterações no sistema. Porém depois do fato ocorrido, o especialista consegue montar o “quebra-cabeça” e explicar as causas e efeitos que armaram aquele cenário.

E onde fica a ecologia? Simplesmente os problemas de ordem social e econômicos influenciam também os sistemas naturais, tornando os problemas ecológicos tão ou muito mais complexos que os demais. Os sistemas naturais “absorvem” de uma maneira ou de outra os impactos de um comportamento social ou econômico. Facilmente podemos entender que o desenvolvimento de um país, medido pela Produção Interna Bruta (PIB) tem conseqüências diretas nos sistemas ecológicos. Um parâmetro sensível que nos permite “medir” a influencia dos impactos socioeconômicos nos sistemas naturais pode ser o trabalho dos

PEREIRA, William Roberto Luiz Silva. Ecologia, economia e sociologia: Finalmente as disciplinas se encontram (cientificamente falando). **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 1, p.162-171, fev. 2012.

ambientalistas, que na outra ponta do tripé conseguem entender (algumas vezes parcialmente) como o sistema socioeconômico afeta o natural.

Tomemos o caso de Belo Monte. O crescimento econômico pelo qual o Brasil está passando faz a necessidade energética aumentar constantemente e chegou o momento em que é necessário produzir mais energia para garantir tal crescimento. As previsões dizem que o consumo do país poderá aumentar em 4,8% até 2020 (EPE, 2011). A construção da usina está sendo um assunto muito polêmico, com imensa divergência de interesses em torno da sua construção. Está em pauta também a possível inundação de várias comunidades tradicionais da bacia do Xingu, com impactos socioambientais irreversíveis, causando deslocamento de milhares de pessoas e podendo ameaçar um das regiões de maior valor de biodiversidade na Amazônia (Observatório Eco, 2011).

Porém físicos e matemáticos encaram tudo isso de uma maneira muito particular. Primeiramente é preciso definir se o sistema em estudo é aberto ou fechado. Num sistema fechado o cientista facilmente controla as variáveis determinantes do sistema e, controlando uma variável é fácil entender o comportamento da outra, e conseqüentemente, o comportamento do sistema.

Tomemos uma molécula de gás num ambiente fechado. Temos em mãos as variáveis controladoras do sistema, como temperatura, pressão, etc. (somente um físico, engenheiro ou químico com conhecimentos em termodinâmica definiria exatamente essas variáveis). Se colocássemos uma única molécula nesse ambiente e acompanhássemos sua trajetória e a colocássemos num gráfico, o histórico desse gráfico facilmente permitiria que antecipássemos o movimento no instante seguinte. Bastaria definir os parâmetros do sistema e utilizar as equações da termodinâmica para prever a posição da molécula no tempo que quiséssemos. Porém, ao aumentar a quantidades de moléculas nesse ambiente as coisas se complicariam, ao ponto de ficar impossível prever a posição da molécula-alvo, pois essa estaria sofrendo choques constantes e intensos com outras. Ela manteria o seu movimento retilíneo uniforme (ou outro que desconheço, pois não

sou físico), mas seu movimento “natural” logo é interrompido ao se chocar com outra molécula.

Uma bola de sinuca pode ser entendida de maneira análoga, porém agora estamos diante de um sistema aberto. A bola irá respeitar as leis da mecânica e as variáveis em jogo seriam as forças envolvidas, a aceleração inicial, o atrito, as imperfeições da mesa, o humor do jogador, etc. Facilmente conseguiríamos prever (intuitivamente) a trajetória de uma bola branca depois da tacada inicial e um físico nos diria exatamente onde a bola estaria localizada, no instante que quiséssemos, com sua velocidade instantânea. Porém numa mesa com várias bolas, a bola branca iria sofrer desvios constantes e mesmo que carregando a informação que ela deve manter seu movimento retilíneo, os constantes impactos que iria sofrer com as demais bolas fariam a nossa bola-alvo se movimentar caoticamente, se tornando muito difícil prever sua posição e velocidade

Robert Brown observou o movimento do pólen numa placa de Petri. Brown já havia descrito o núcleo das células e identificou no seu microscópio várias formas celulares diferentes e numa de suas observações achou que as partículas de pólen estavam vivas. Ficou tão maravilhado que publicou um artigo demonstrando a essência da vida, mas Einstein demonstrou que na verdade o choque das moléculas da água é que faziam o grão de pólen se movimentar e o movimento aleatório de um corpo qualquer foi chamado de Movimento Browniano.

Então a “vivacidade” do movimento do pólen era causada pelo choque das moléculas que compunham a água, levando a um movimento dito Browniano. Será que se pudéssemos controlar o número de choques no grão de pólen o movimento seria “menos browniano”? Nossa molécula de gás ou nossa bola de sinuca teria um movimento mais browniano ou menos browniano à medida que colocássemos mais ou menos bolas ou moléculas no sistema? E se levássemos esse conceito para o mundo real? Será que os inúmeros eventos que estão concorrendo em torno de um mesmo fato poderiam estar influenciando brownianamente a nossa variável-alvo?

PEREIRA, William Roberto Luiz Silva. Ecologia, economia e sociologia: Finalmente as disciplinas se encontram (cientificamente falando). **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 1, p.162-171, fev. 2012.

Podemos consultar os dados fornecidos por ativos financeiros. Todos gostariam de obter lucros investindo na Bolsa de Valores (e eu também), e se descobrissem uma fórmula que pudesse prever se a ação aumentaria ou diminuiria no dia seguinte, teríamos uma legião de pessoas milionárias. Mas não é isso o que acontece.

Milhares de pessoas estão comprando e vendendo ações ao mesmo tempo e os valores dessas ações também sobem e descem em função de diversas variáveis internas ao sistema somado aos diferentes cenários econômicos que as empresas detentoras dessas ações estão envolvidas. As decisões que ocorrem internamente nessas empresas, através dos CEOs e dos sócio-investidores, cujas atitudes acarretam no aumento/diminuição dos seus lucros também ajudam a regular o preço dessa mesma ação. Portanto há inúmeras variáveis concorrendo dentro de um mesmo sistema.

Os investidores alertam que o retorno esperado ao investir no mercado de ações, de renda variável, só é possível ser obtido no médio e no longo prazo.

Uma maneira de medir a “intensidade” do movimento Browniano foi fornecida pelo engenheiro hidráulico Harold Edwin Hurst pelo matemático e estatístico Benoit Mandelbrot. O expoente de Hurst (**H**) diz que se $H = \frac{1}{2}$, o movimento de uma série temporal se trata de um Movimento Browniano Ordinário. Os valores de **H** podem estar entre $0 < H < 1$, sendo que valores diferentes de $H = 1/2$ recebem o nome de Movimento Browniano Fracionário.

Os economistas têm razão. Ao analisar o comportamento da ação da empresa Natura (gráficos acima), dia-a-dia, podemos ver claramente que ela subiu ao longo do tempo. Quando aplicamos a Análise R/S para obter o expoente de Hurst, encontramos $H = 1,026$. Quando analisamos a taxa de retorno $(N(t+1)/Nt - 1) * 100\%$ dia-a-dia e calculamos **H**, encontramos $H = 0,549$, muito próximo do Movimento Browniano Ordinário. Ou seja, é impossível obter ganhos no curto prazo (no dia seguinte), pois o retorno diário de uma ação é tão browniano quanto o movimento do pólen de Robert Brown (figura 1).

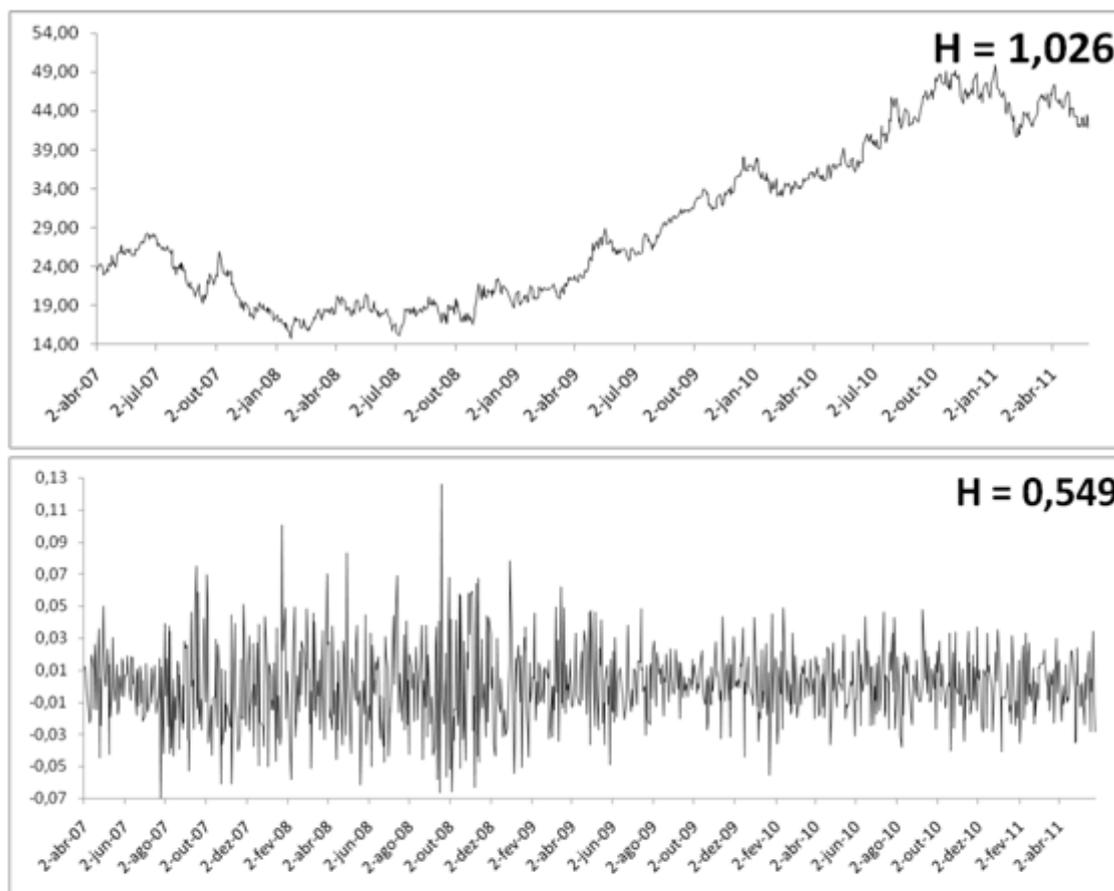


Fig. 1) Variação temporal da ação NATU3 (www.natura.com.br), na figura acima e taxas de retorno diária do mesmo ativo. No canto superior está o valor do expoente de Hurst para os dois cenários. Como podemos ver, a variação diária do ativo segue uma trajetória persistente enquanto os retornos diários são aleatórios (ou Brownianos). Não é possível saber se no dia seguinte o investidor irá ganhar ou perder.

O próprio Hurst usou sua metodologia para os regimes de chuvas que ocorriam no Rio Nilo e encontrou $H \approx 0,70$, encontrando valores distantes do Movimento Browniano Ordinário. Esse valor intrigou Hurst e analisando mais cautelosamente as séries, observou períodos onde momentos de chuva eram seguidos de momentos de chuva e momentos de seca eram seguidos por momentos de seca. Ou seja, o regime das chuvas não seguia um Movimento Browniano Ordinário. Havia momentos em que o regime das chuvas adquiria certo padrão e então seria possível entender, em partes, o que estava ocorrendo no sistema.

Qualquer variável econômica, ambiental ou ecológica pode ter seu expoente de Hurst medido e o valor encontrado pode revelar como a dinâmica das outras variáveis está envolvida em torno de uma variável-alvo, mesmo sem sabermos inicialmente quais variáveis estão envolvidas no sistema e como as variáveis concorrem.

Essa convergência espetacular de disciplinas (matemática, estatística, física e biologia) tem utilidade direta sobre os três alicerces que formam o tripé da sustentabilidade (desenvolvimento social, econômico e ambiental) e conseqüentemente nas três disciplinas que a sustentam.

Porém ainda a representação dessas três frentes na sociedade é concorrente (ambientalistas versus empreendedores versus agentes sociais), mas nas ciências elas naturalmente convergiram para um mesmo foco, onde podemos estudar os sistemas econômicos, sociais e ecológicos (sistemas abertos), inicialmente, através de uma interpretação universal (estados do sistema).

Muito desenvolvimento está ocorrendo e já existem disciplinas próprias alicerçadas pela física (como a sociofísica e a econofísica) nas quais é possível antecipar eventos dentro de sistemas, extremamente complexos. E conseqüentemente mais desenvolvimento ocorrerá na ecologia ao se absorver as lições fornecidas pela física e pela matemática.

Medir o quão aleatório é uma série temporal é uma maneira muito interessante de poder vislumbrar qual é o estado do sistema. E em um momento seguinte, e no outro, e no outro, o estado desse mesmo sistema pode mudar, saindo de um movimento Browniano Ordinário para valores fracionários ou vice-versa. Há também os ciclos periódicos de curta e longa freqüência, caracterizados como ruído $1/f^{\nu}$, que podem ser revelados pela Análise Espectral.

Na economia Louis Bachelier em 1900 já havia sugerido que o mercado financeiro segue um movimento Browniano e em 1905, Einstein forneceu os fundamentos físicos e matemáticos que explicam os movimentos aleatórios dos corpos que Robert Brown já tinha observado na biologia ao achar que o grão de pólen estava vivo. O grão de pólen é vivo internamente e Brown infelizmente

PEREIRA, William Roberto Luiz Silva. Ecologia, economia e sociologia: Finalmente as disciplinas se encontram (cientificamente falando). **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 1, p.162-171, fev. 2012.

descobriu o núcleo das células sem vislumbrar as descobertas que a genética, a citogenética e a biologia molecular estavam por revelar, mas seu movimento externo também é vivaz, como esse imenso mundo browniano que vivemos.