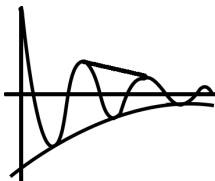


Simulações Computacionais de Sistemas Complexos

Thadeu Penna

Instituto de Física
Universidade Federal Fluminense
tjpp@if.uff.br

V Escola do CBPF, 2004



V Escola do CBPF



Universidade Federal Fluminense

Aula IV

- 1 Aula III
 - Percolação
 - Burning



Aula IV

- 1 Aula III
 - Percolação
 - Burning
- 2 Percolação
 - Quantidades de Interesse
 - Distribuição de Clusters
 - Algoritmo de Hoshen-Kopelman

Aula IV

- 1 Aula III
 - Percolação
 - Burning
- 2 Percolação
 - Quantidades de Interesse
 - Distribuição de Clusters
 - Algoritmo de Hoshen-Kopelman
- 3 Uma aplicação de Percolação
 - Econofísica
 - Caminhos Aleatórios com Memória
 - Simulação microscópica

Percolação

- Rede $L \times L$

Percolação

- Rede $L \times L$
- Sítios ocupados com probabilidade p

Percolação

- Rede $L \times L$
- Sítios ocupados com probabilidade p
- p_c : Qual o menor p tal que a informação percorra a rede ?

Burning

- Verdes: nunca queimaram

Burning

- Verdes: nunca queimaram
- Vermelhas: estão queimando (sítios ativos)

Burning

- Verdes: nunca queimaram
- Vermelhas: estão queimando (sítios ativos)
- Pretas: queimaram em algum instante anterior

Burning

- Verdes: nunca queimaram
- Vermelhas: estão queimando (sítios ativos)
- Pretas: queimaram em algum instante anterior
- Queimarão no passo seguinte

Quantidades de Interesse

- Limiar de Percolação p_c

Quantidades de Interesse

- Limiar de Percolação p_c
- Fração de clusters percolantes W

Quantidades de Interesse

- Limiar de Percolação p_c
- Fração de clusters percolantes W
- probabilidade de pertencer ao cluster ∞

Quantidades de Interesse

- Limiar de Percolação p_c
- Fração de clusters percolantes W
- probabilidade de pertencer ao cluster ∞
- **Número de Clusters**

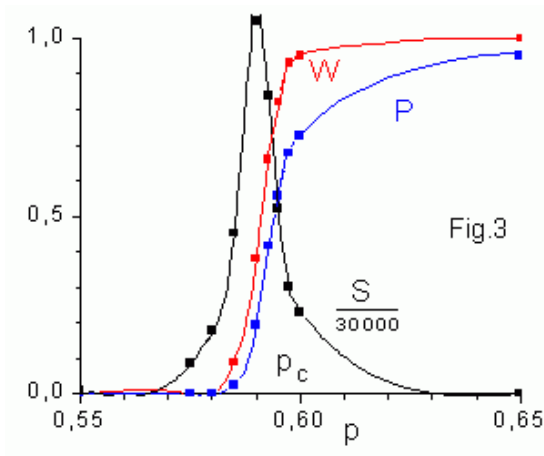
Quantidades de Interesse

- Limiar de Percolação p_c
- Fração de clusters percolantes W
- probabilidade de pertencer ao cluster ∞
- Número de Clusters
- Tamanho médio de Clusters

Quantidades de Interesse

- Limiar de Percolação p_c
- Fração de clusters percolantes W
- probabilidade de pertencer ao cluster ∞
- Número de Clusters
- Tamanho médio de Clusters
- Distribuição de Tamanho de Clusters

Resultados



Distribuição de Clusters

$$n_s(p < p_c) \propto s^{-\theta} e^{-\text{const} \cdot s},$$

Distribuição de Clusters

$$n_s(p < p_c) \propto s^{-\theta} e^{-\text{const} \cdot s},$$

$$n_s(p = p_c) \propto s^{-\tau}$$

Distribuição de Clusters

$$n_s(p < p_c) \propto s^{-\theta} e^{-\text{const} \cdot s},$$

$$n_s(p = p_c) \propto s^{-\tau}$$

$$n_s(p > p_c) \propto s^{-\theta'} e^{-\text{const} \cdot s^{1-1/d}}$$

Distribuição de Clusters

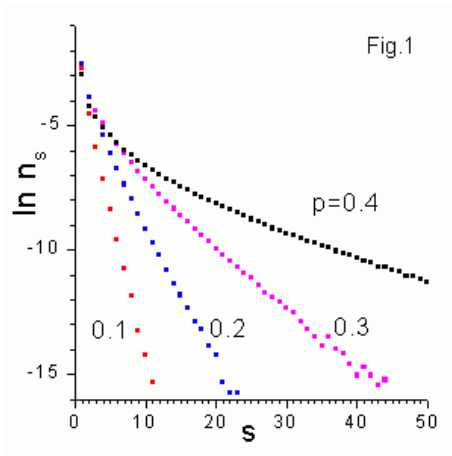
$$n_s(p < p_c) \propto s^{-\theta} e^{-\text{const} \cdot s},$$

$$n_s(p = p_c) \propto s^{-\tau}$$

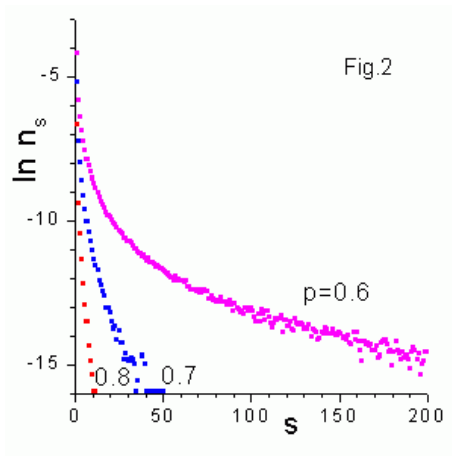
$$n_s(p > p_c) \propto s^{-\theta'} e^{-\text{const} \cdot s^{1-1/d}}$$

Portanto temos clusters de todos os tamanhos, em $p = p_c$.

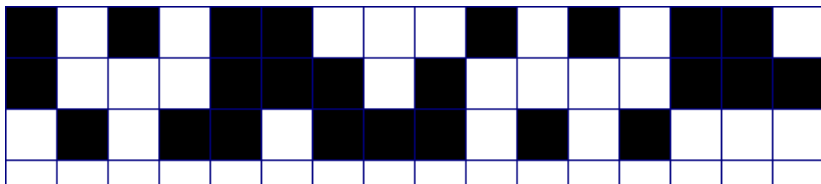
Distribuição de tamanhos de clusters abaixo de p_c



Distribuição de tamanhos de clusters acima de p_c

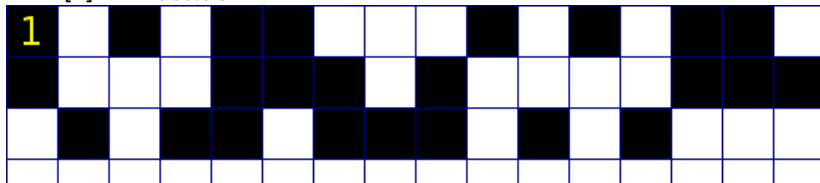


Algoritmo de Hoshen-Kopelman



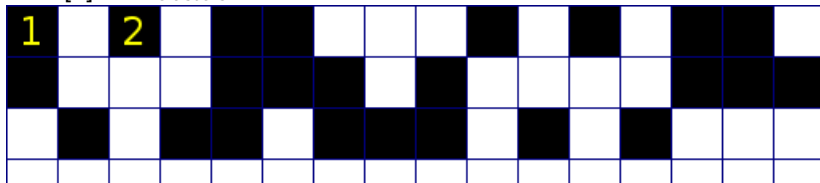
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[1]=1$ $n_{\text{clusters}} = 1$



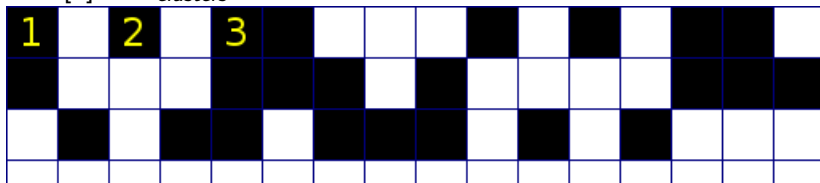
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[2]=2$ $n_{\text{clusters}} = 2$



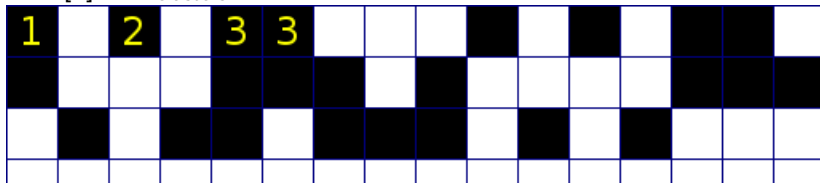
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[3]=3$ $n_{\text{clusters}} = 3$



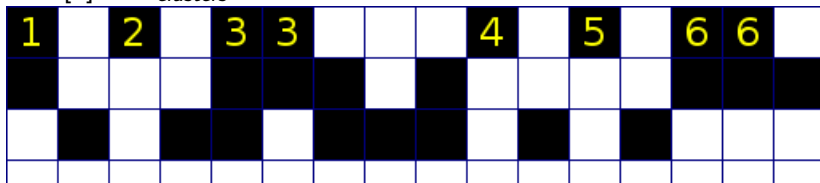
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[3]=3$ $n_{\text{clusters}} = 3$



Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[6]=6$ $n_{\text{clusters}} = 6$



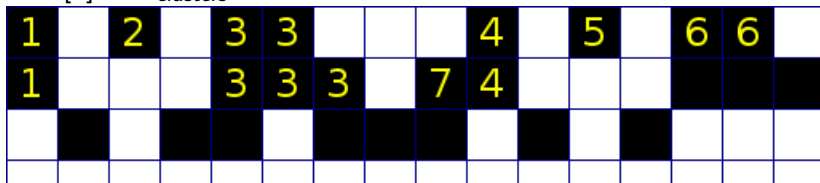
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

label[7]=? $n_{clusters} = 7$



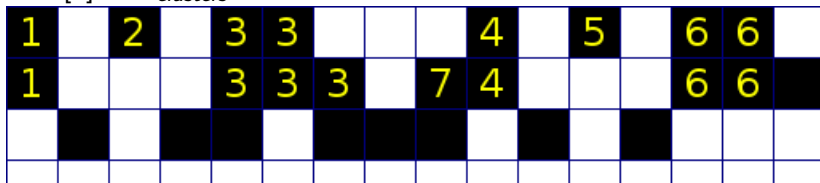
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[7]=4$ $n_{\text{clusters}} = 6$



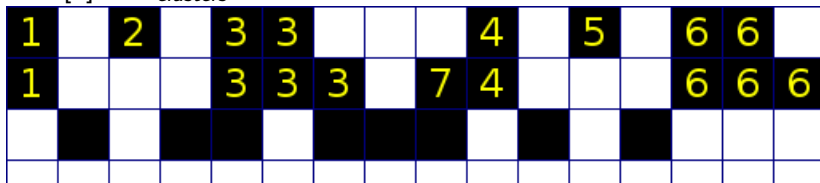
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[7]=4$ $n_{\text{clusters}} = 6$



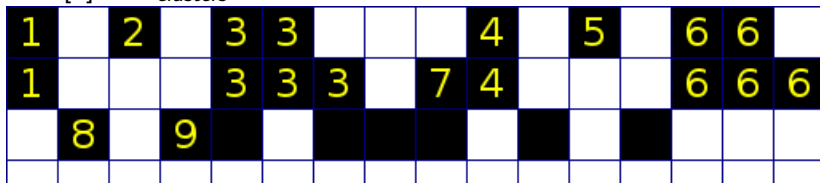
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

$\text{label}[7]=4$ $n_{\text{clusters}} = 6$



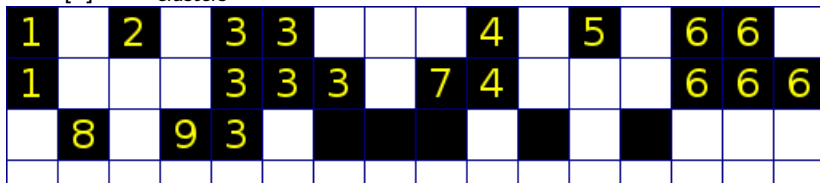
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

label[9]=9 $n_{clusters} = 8$



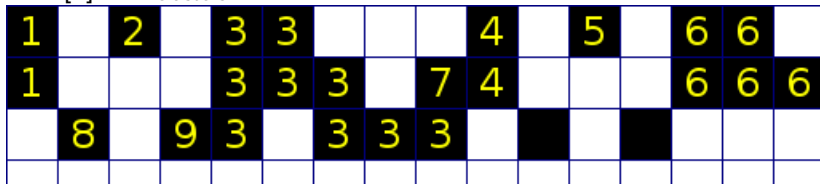
Algoritmo de Hoshen-Kopelman

label[9]=3 $n_{clusters} = 7$

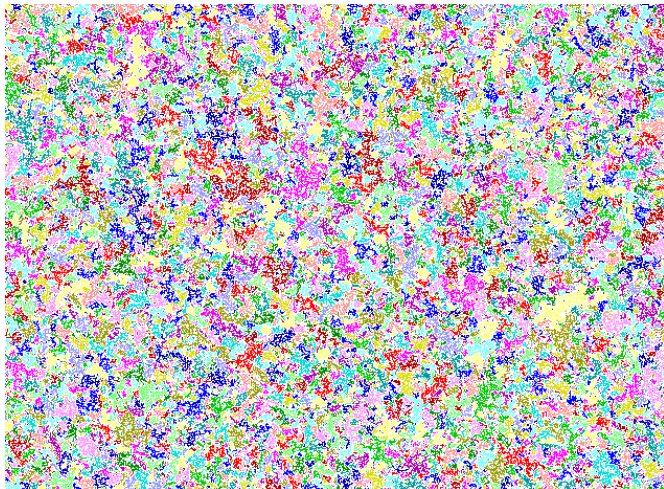


Algoritmo de Hoshen-Kopelman

label[7]=3 $n_{clusters} = 6$



Exemplos

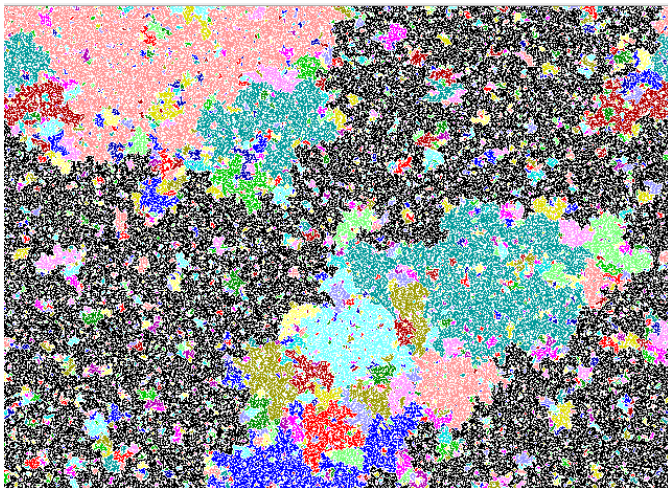


$p = 0.5$



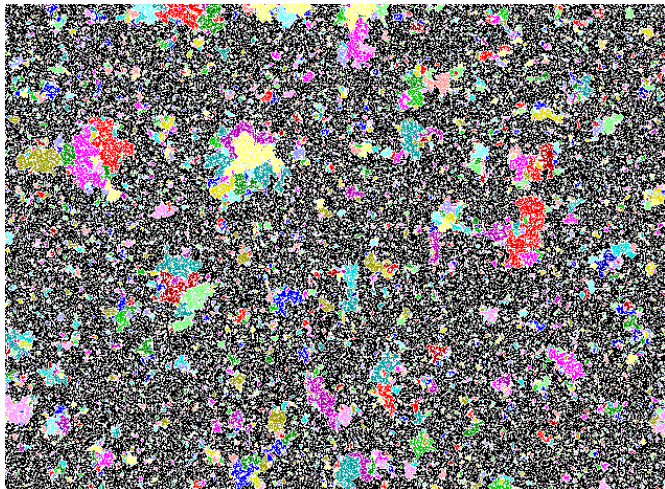
Universidade Federal Fluminense

Exemplos



$$p \approx p_c$$

Exemplos

 $p = 0.6$

Número de clusters

Encontre o número de clusters em função da concentração p

Rodar o programa `hk.c`

Econofísica

- 1 Uso de técnicas de física estatística em sistemas financeiros

Econofísica

- 1 Uso de técnicas de física estatística em sistemas financeiros
- 2 Louis Bachelier (1900) caminho aleatório

Econofísica

- 1 Uso de técnicas de física estatística em sistemas financeiros
- 2 Louis Bachelier (1900) caminho aleatório
- 3 Mercado Eficiente

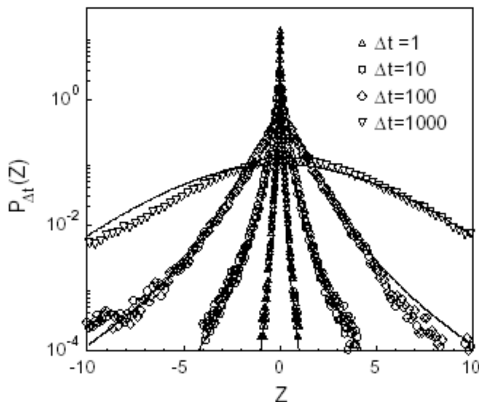
Econofísica

- 1 Uso de técnicas de física estatística em sistemas financeiros
- 2 Louis Bachelier (1900) caminho aleatório
- 3 Mercado Eficiente
- 4 Simulações microscópicas - Agentes

Econofísica

- 1 Uso de técnicas de física estatística em sistemas financeiros
- 2 Louis Bachelier (1900) caminho aleatório
- 3 Mercado Eficiente
- 4 Simulações microscópicas - Agentes
- 5 Corretores, herding, conexões...

Distribuições de Lévy

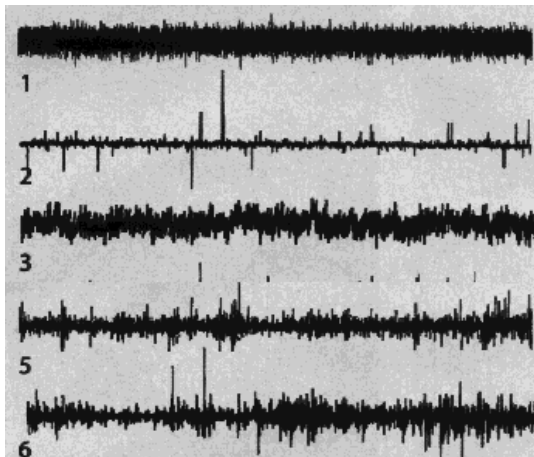


Mudanças de
preço S& P500 em diferentes escalas.

Quem é Quem?

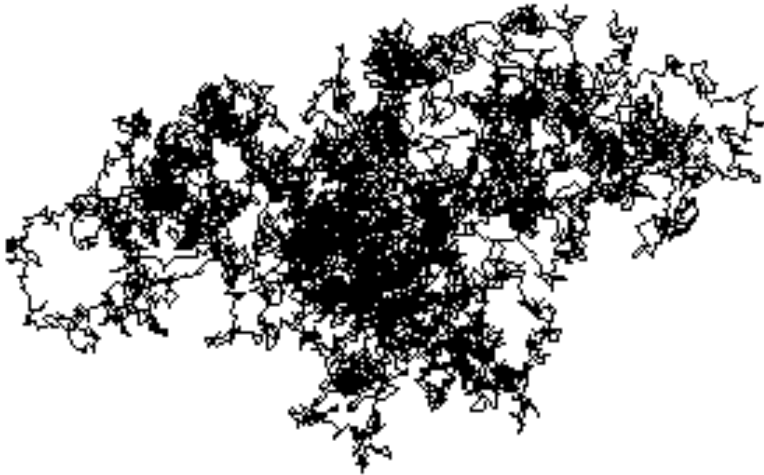


Caminhos Aleatórios com Memória

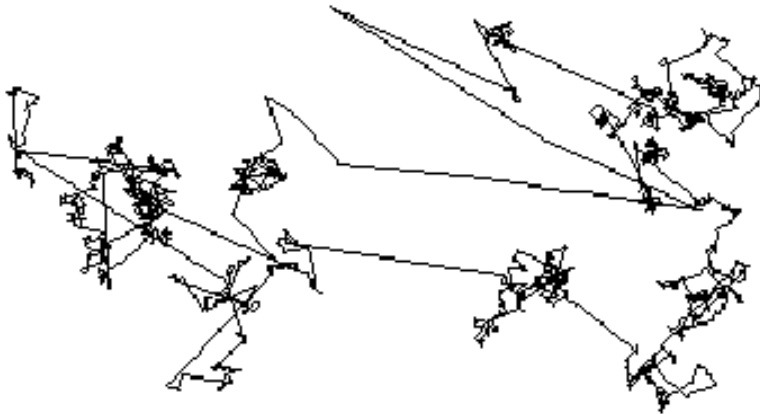


Que séries são do mercado financeiro ?

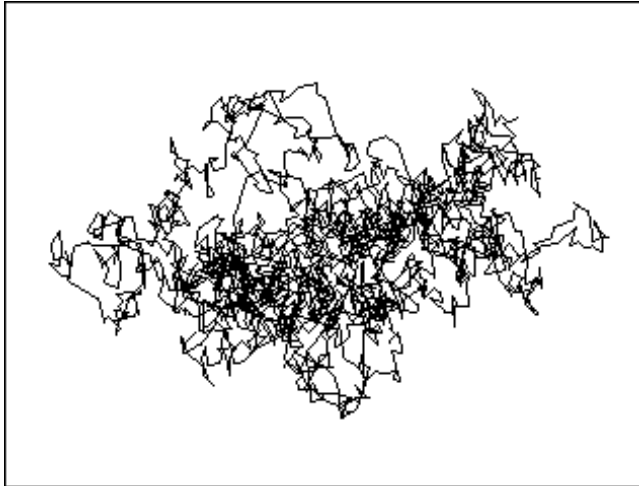
Caminho Aleatório



Caminhada de Lévy

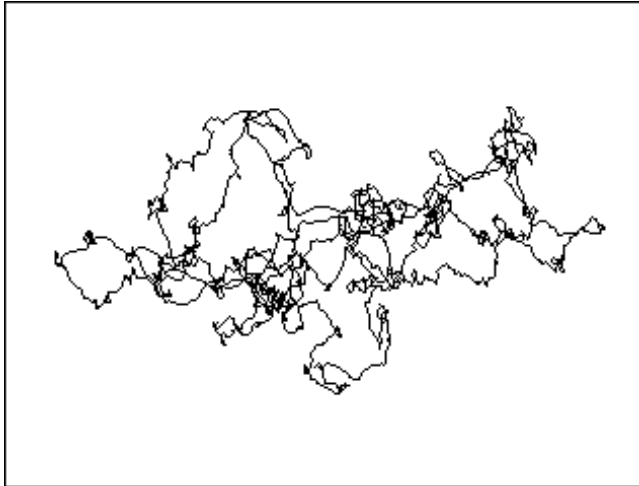


Movimento Browniano Fracionário



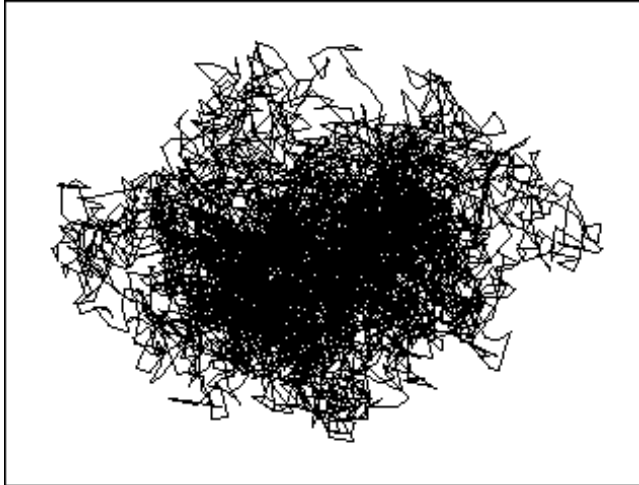
$$\sqrt{|x(t+h) - x(t)|} \sim h^\alpha$$

Movimento Browniano Fracionário

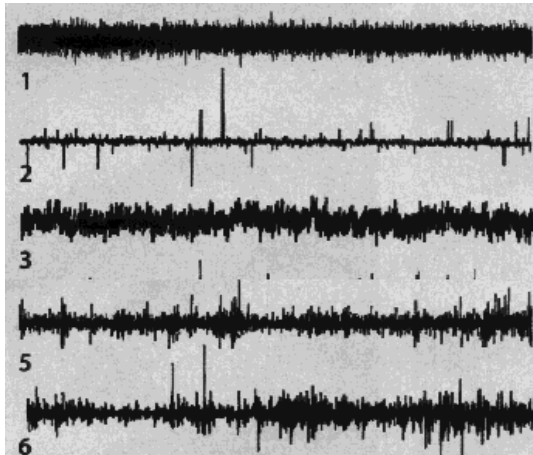


$$\sqrt{|x(t+h) - x(t)|} \sim h^\alpha$$

Movimento Browniano Fracionário



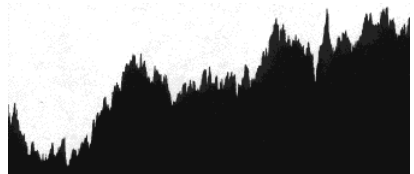
$$\sqrt{|x(t+h) - x(t)|} \sim h^\alpha$$



5 - IBM

6 - dólar-marco

Quem é Quem?



Simulação microscópica do mercado de ações

- 1 Rede com N agentes distribuídos em clusters



Simulação microscópica do mercado de ações

- 1 Rede com N agentes distribuídos em clusters
- 2 Cada cluster i negocia com probabilidade a



Simulação microscópica do mercado de ações

- 1 Rede com N agentes distribuídos em clusters
- 2 Cada cluster i negocia com probabilidade a
- 3 Com iguais probabilidades, o cluster pode comprar ou vender ações ($\Phi_i = \pm 1$)

Simulação microscópica do mercado de ações

- 1 Rede com N agentes distribuídos em clusters
- 2 Cada cluster i negocia com probabilidade a
- 3 Com iguais probabilidades, o cluster pode comprar ou vender ações ($\Phi_i = \pm 1$)
- 4 O número de ações negociadas depende do tamanho n_s do cluster

Simulação microscópica do mercado de ações

- 1 Rede com N agentes distribuídos em clusters
- 2 Cada cluster i negocia com probabilidade a
- 3 Com iguais probabilidades, o cluster pode comprar ou vender ações ($\Phi_i = \pm 1$)
- 4 O número de ações negociadas depende do tamanho n_s do cluster
- 5 O preço $P(t)$ das ações varia conforme a demanda

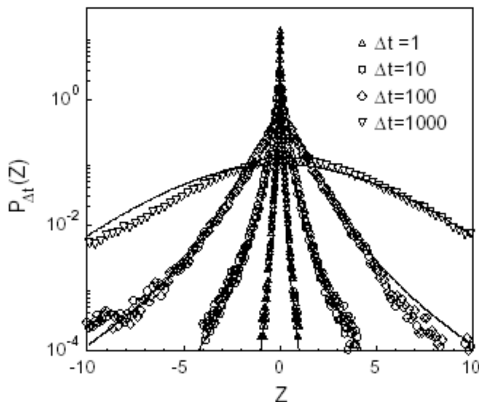
$$\Delta P = P(t+1) - P(t) \propto \sum_i s_i \Phi_i$$

Simulação microscópica do mercado de ações

- 1 Rede com N agentes distribuídos em clusters
- 2 Cada cluster i negocia com probabilidade a
- 3 Com iguais probabilidades, o cluster pode comprar ou vender ações ($\Phi_i = \pm 1$)
- 4 O número de ações negociadas depende do tamanho n_s do cluster
- 5 O preço $P(t)$ das ações varia conforme a demanda

$$\Delta P = P(t+1) - P(t) \propto \sum_i s_i \Phi_i$$

Distribuições de Lévy



6

Mudanças de
preço S& P500 em diferentes escalas.



Universidade Federal Fluminense

Resultados de Cont-Bouchaud

