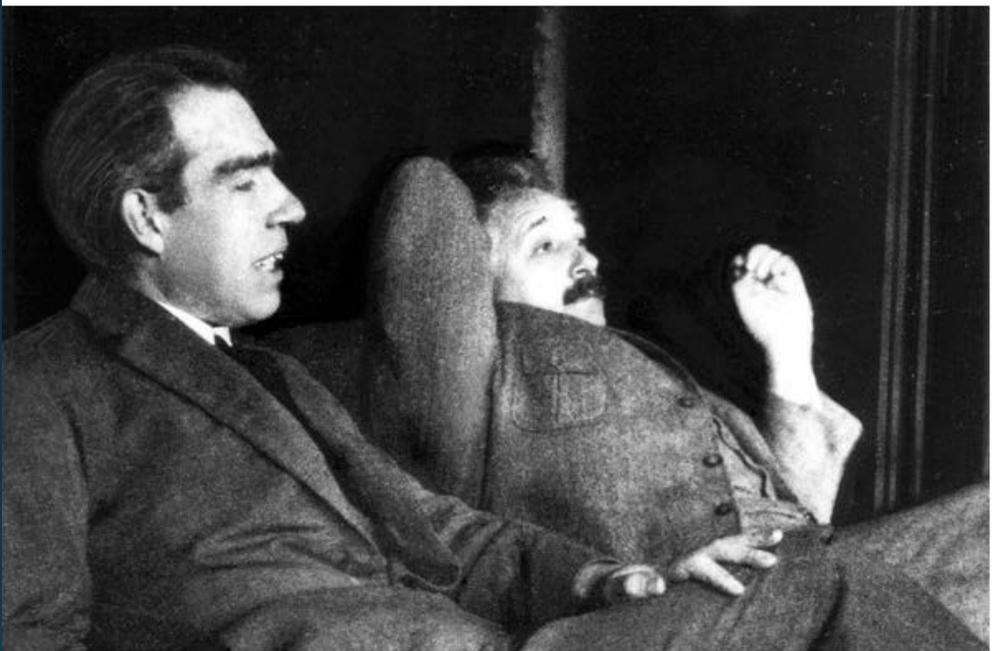


Sistematização de Alarmes Wavelets para *Flash Crash*

Prof. Dr. Marco Antonio Leonel Caetano
INSPER SÃO PAULO
marcoALC1@insper.edu.br



Niels Bohr e Albert Einstein em fotografia de 1925 (Fonte da imagem: [Wikimedia Commons](#))

Einstein: “Deus não joga dados com o mundo”

Bohr: “Deus joga dados com o mundo e ainda esconde os dados”

MUDANÇAS ABRUPTAS

Abalos sísmicos

Pesquisadores vêem risco de valem para o Ibovespa em análise usada para prever terremotos e filtrar imagens espaciais aplicadas aos mercados financeiros. Por **Adriana Cottas**, de São Paulo

Os pesquisadores se baseiam no trabalho do geofísico francês Didier Valette, do Departamento de Física da Universidade de Caen, França, em 2008. Lá, ele criou o índice sísmico para o Brasil, baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro.

Uma análise de dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro.



Com o avanço das pesquisas, os dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro.

Os dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro.

Os dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro.

Os dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro. O índice é baseado em dados de terremotos e atividade sísmica em todo o território brasileiro.



D2 Valor | Quarta-feira, 11 de agosto de 2010

EU& Investimentos

Crash à vista, alerta índice que prevê terremotos

De olho na bolsa

Alessandra Bellotto



Depois de subir quase 10% em 11 pregões consecutivos e superar os 68 mil pontos, o Ibovespa parou durante uma semana. Nos últimos três dias, contudo, o índice perde 1,74%, sendo 0,94% só ontem, a 67.223

mede o risco de reversão de uma tendência de alta da bolsa. Quanto mais próximo de 1, maior a chance de queda brusca. O índice hoje marca 0,93 (ver gráfico abaixo). "Isso significa que a frequência está alta, talvez motivada por notícias contraditórias, abrindo espaço para a queda", explica Caetano. O pesquisador acrescenta que os fundamentos macroeconômicos globais corroboram a perspectiva de reversão de tendência. "O cenário lá fora é ruim." Ele destaca a fragilidade das economias americana e da Europa, além do desaquecimento na China.

Indicador aponta para queda superior a 12% do Ibovespa

GUIA SEMANAL DE INVESTIMENTOS

Investidor Dinheiro

Terremoto
Mede o grau de estresse das bolsas e mostra a hora de o investidor comprar ou vender ações. O indicador foi desenvolvido pelo pesquisador Marco Antonio Leone Caetano, professor de Sistemas de Informação do Insper em conjunto com Takashi Yamayama, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

NO MEIO DO TERREMOTO

CONSEQUÊNCIAS

Produtos Editorial Análises Imagem Bovespa, Bolsas e Commodities Histórico IMA Introdução ao IMA Wavelets Espectro do Mercado Índice de Mudanças Abruptas Contato

MUDANÇAS ABRUPTAS



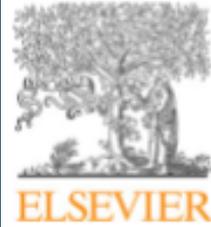
Cadastro & Acesso



Agora para **IBOV**
e **24** ações!

www.mudancasabruptas.com.br





Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Physica A

journal homepage: www.elsevier.com/locate/physa



A new indicator of imminent occurrence of drawdown in the stock market

Marco Antonio Leonel Caetano^{a,*}, Takashi Yoneyama^b

^a *Ibmec São Paulo, Brazil*

^b *ITA – São José dos Campos, Brazil*

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 October 2008

Received in revised form 12 May 2009

Available online 27 May 2009

Keywords:

Drawdown

Crashes

Stock market

Wavelets

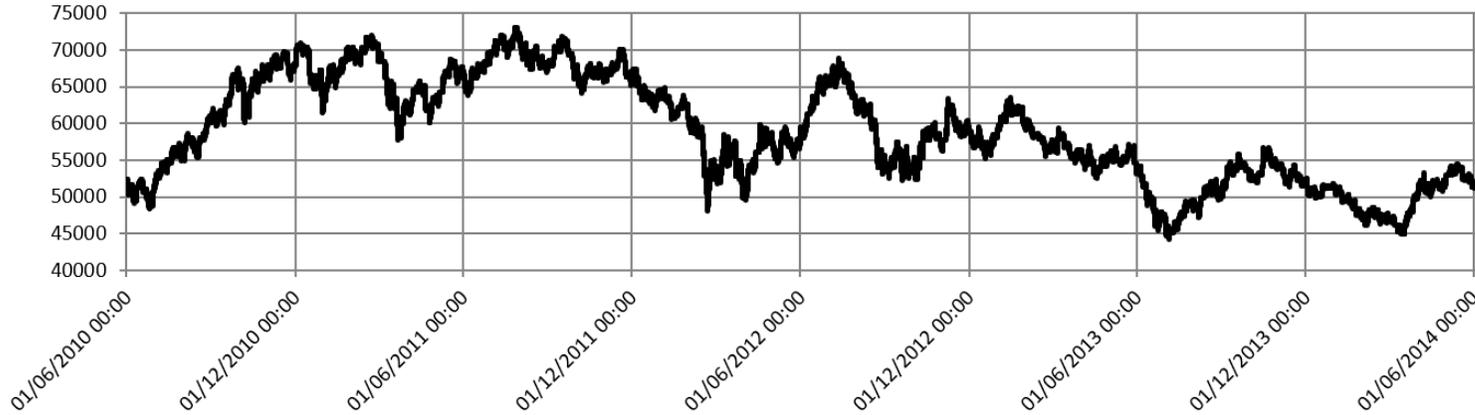
Indices

ABSTRACT

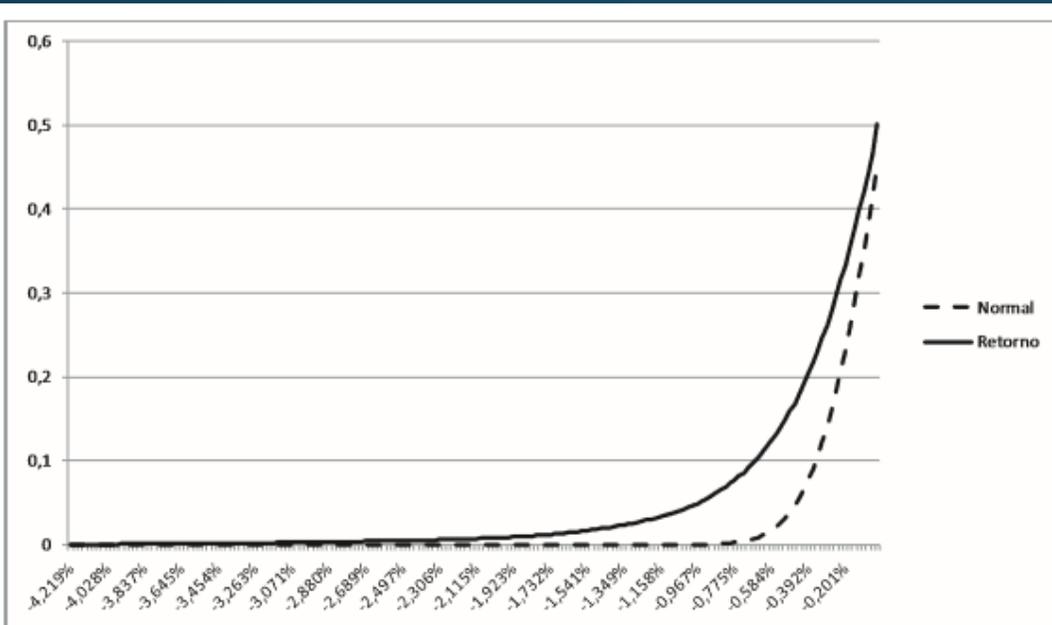
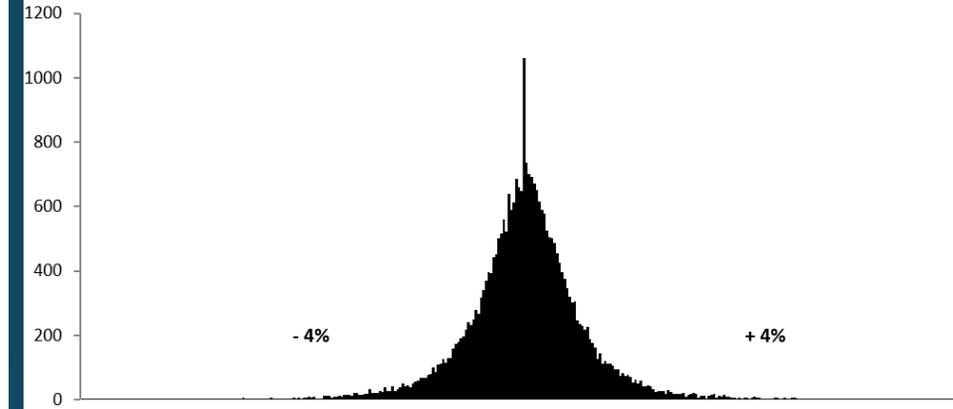
The crashes in financial markets have caught the attention of many researchers since 1929 and several mathematical models have been proposed to try to forecast the occurrence of these events. The main idea in this work is to use a wavelet transform to detect imminent abrupt changes in a financial time series, which may be eventually related to the possibility of a crash. Case studies are conducted using wavelet approaches with data covering pre-crash and post-crash 1929, as well as more recent Hang Seng and IBOVESPA data. The financial crisis of 2008 also is analyzed using this method. These time series provide useful insights into the behavior of wavelet coefficients under the possibility of short term crashes in stock market. However, it is not a trivial task to infer an imminent drawdown by simply examining the pattern of the wavelet transform coefficients. Hence, an index (a real number between 0 and 1) is proposed to aggregate the information provided by the wavelet coefficients. The new index presented good capability of monitoring crashes and drawdown with small error margins, at least in the studied cases.

CÁLCULO TRADICIONAL DE RISCO

Ibovespa - intradiário (2010-2014)

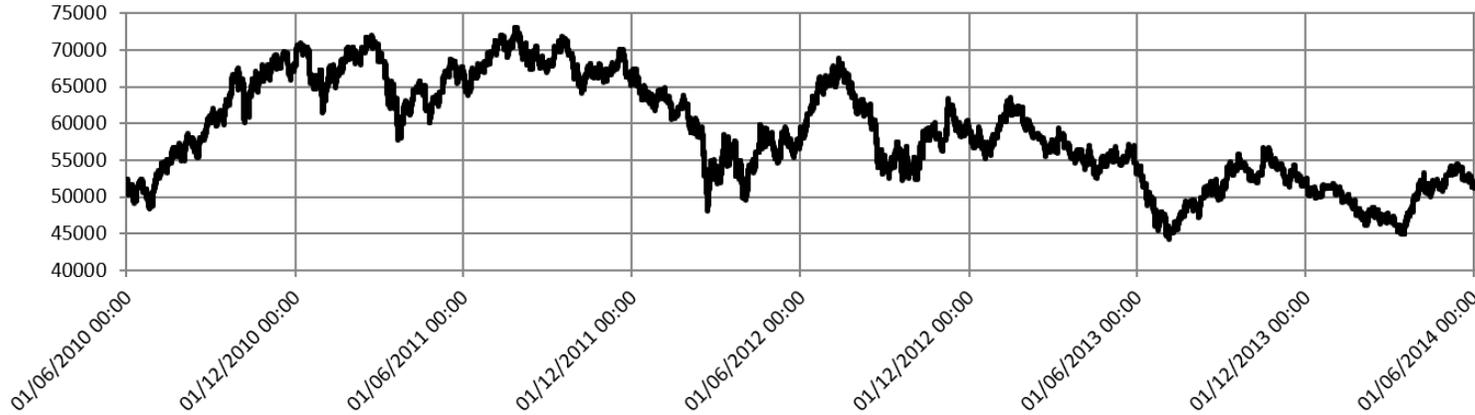


Ibovespa - intradiário (2010-2014)

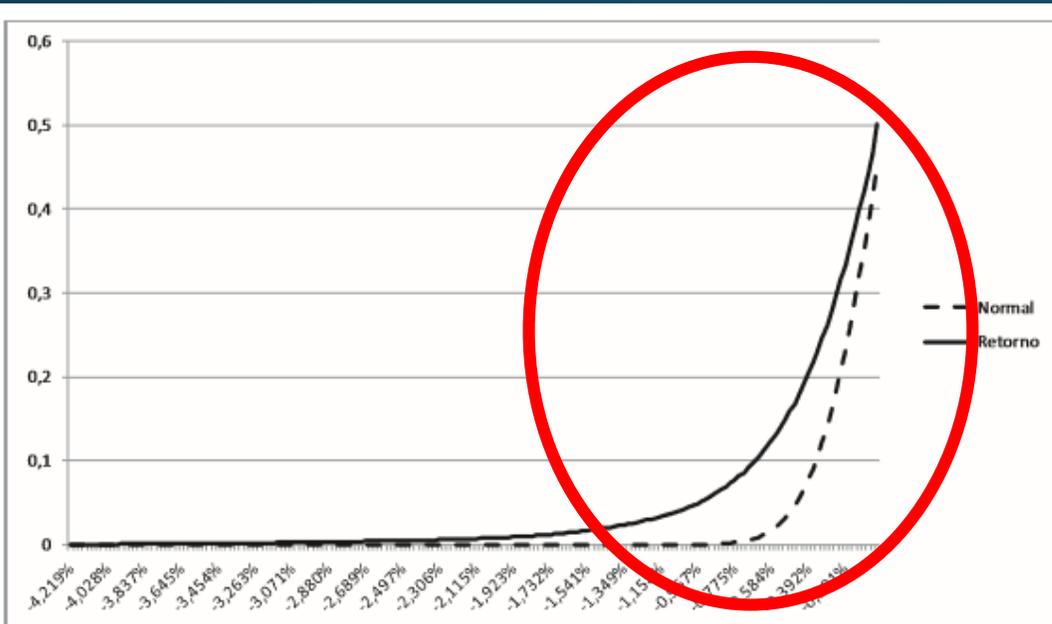
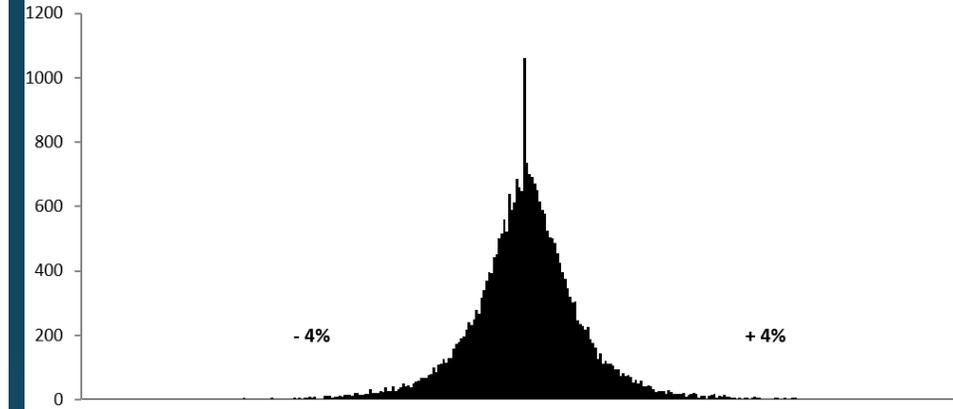


CÁLCULO TRADICIONAL DE RISCO

Ibovespa - intradiário (2010-2014)



Ibovespa - intradiário (2010-2014)



PREVISÃO DE CRASH EM 2008

QUEDAS ACIMA DE 11%



1 queda a cada 40 bilhões de ano

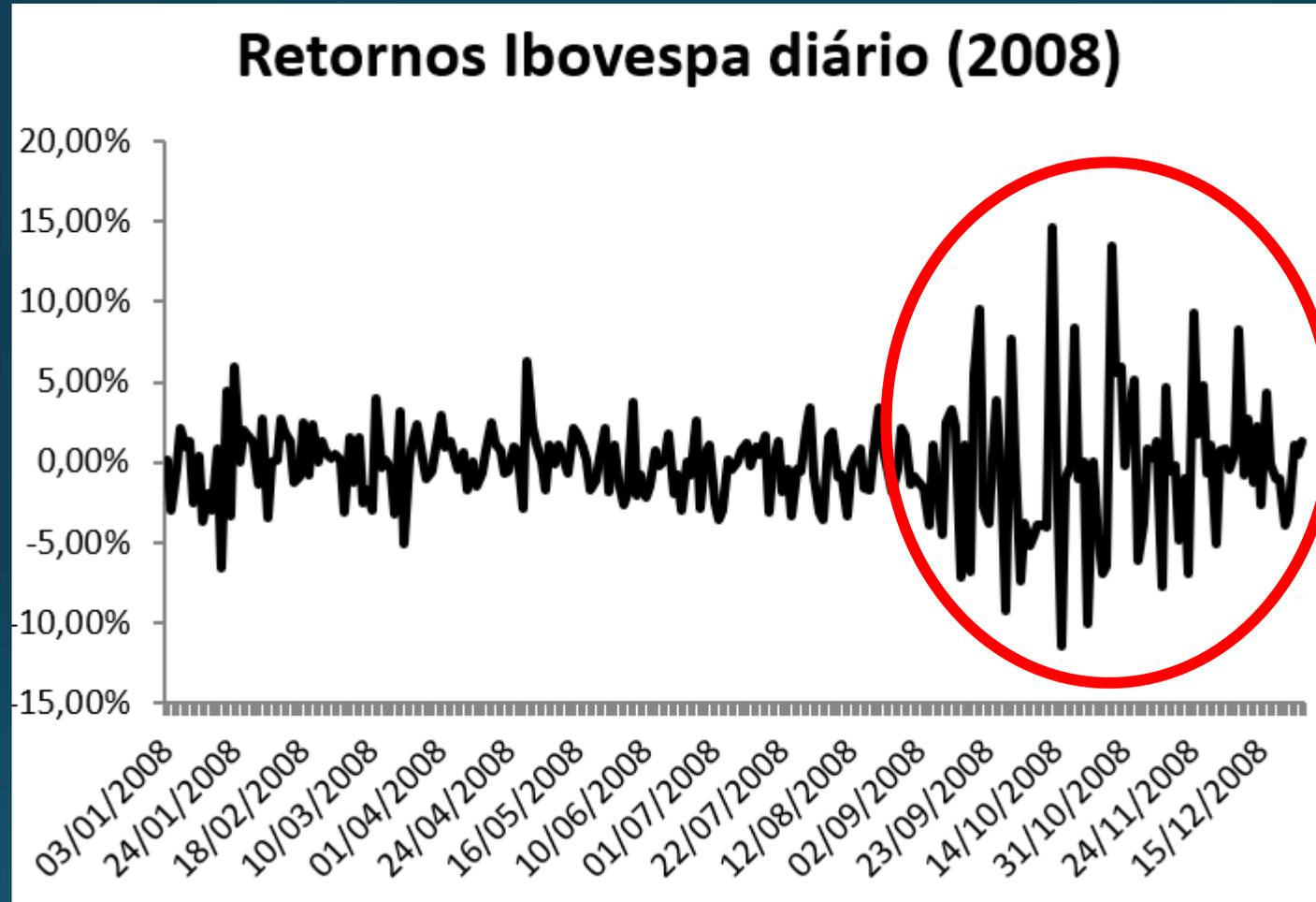
PREVISÃO DE CRASH EM 2008

QUEDAS ACIMA DE 11%  1 queda a cada 40 bilhões de ano

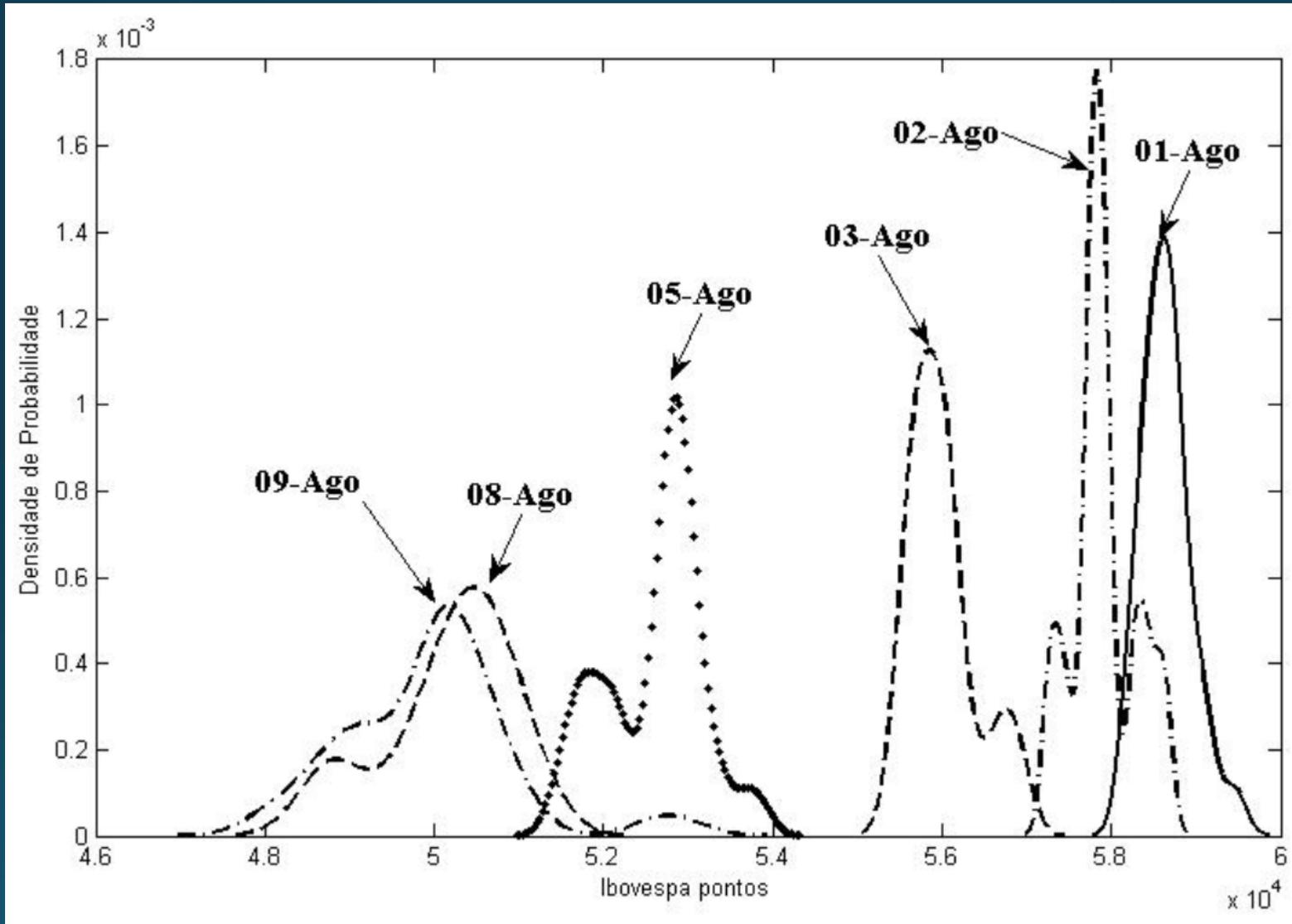
Em 2008 ocorreu :

- 1 queda de 11,39 %
- 15 quedas acima de 5%

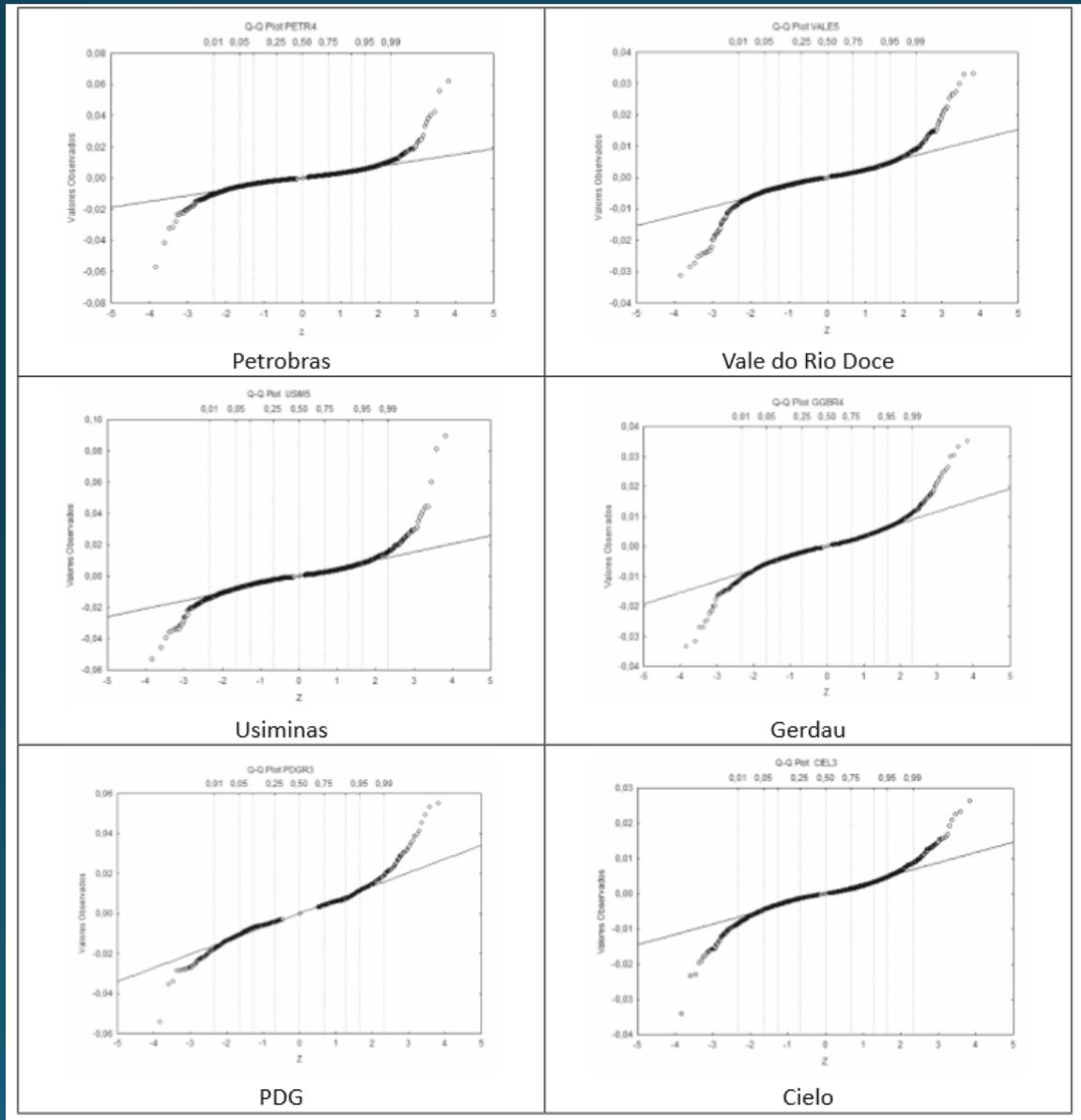
RETORNOS DIÁRIOS 2008



O Mercado *não* é Normal

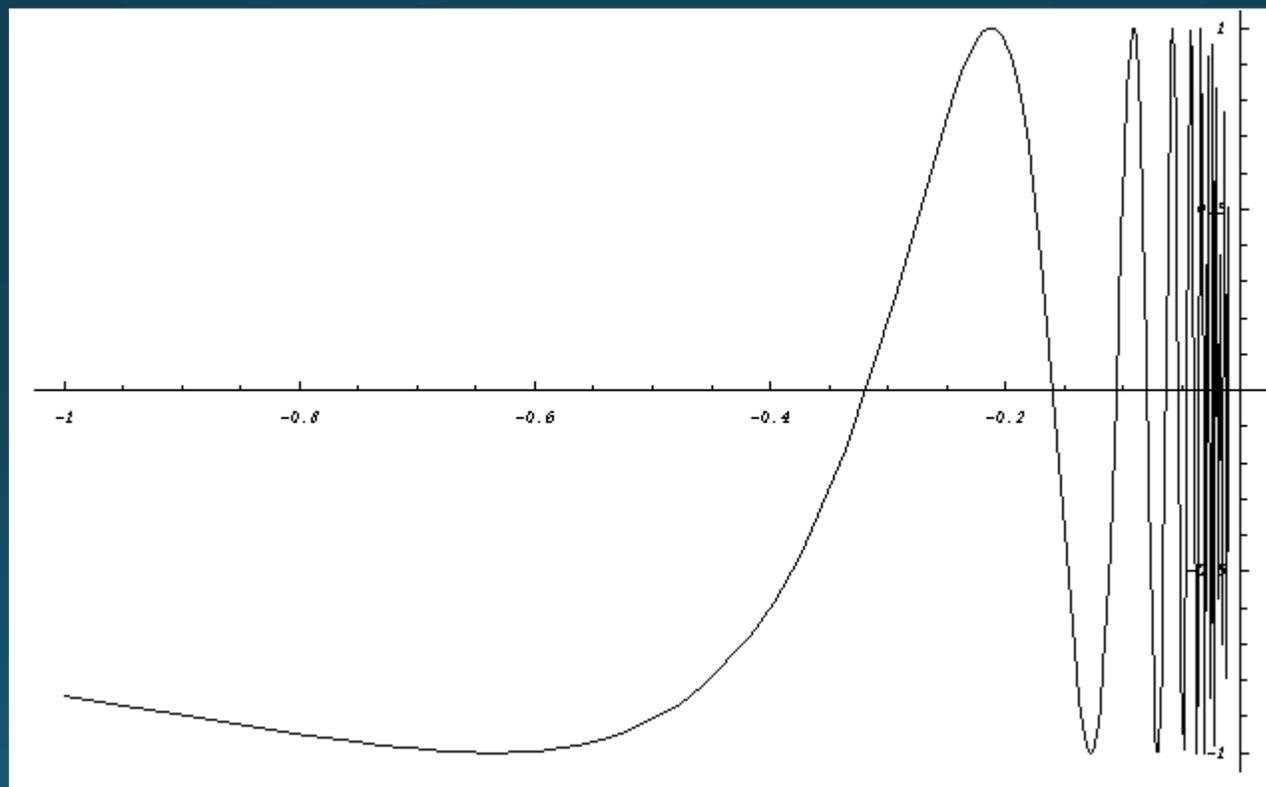


O Mercado *não* é Normal

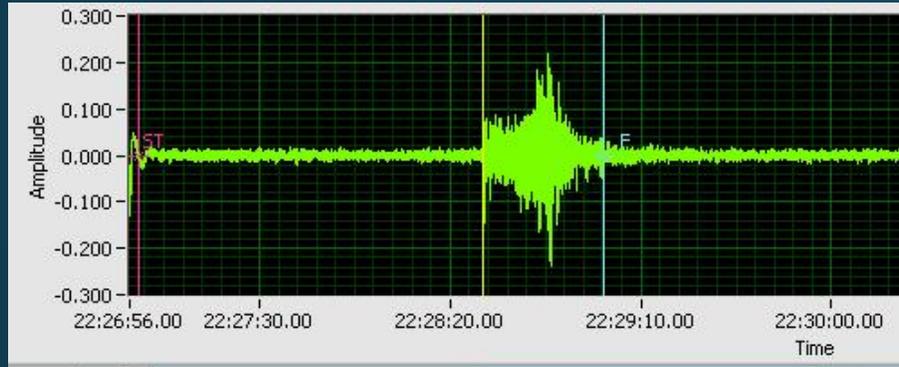


Onde tudo começa...

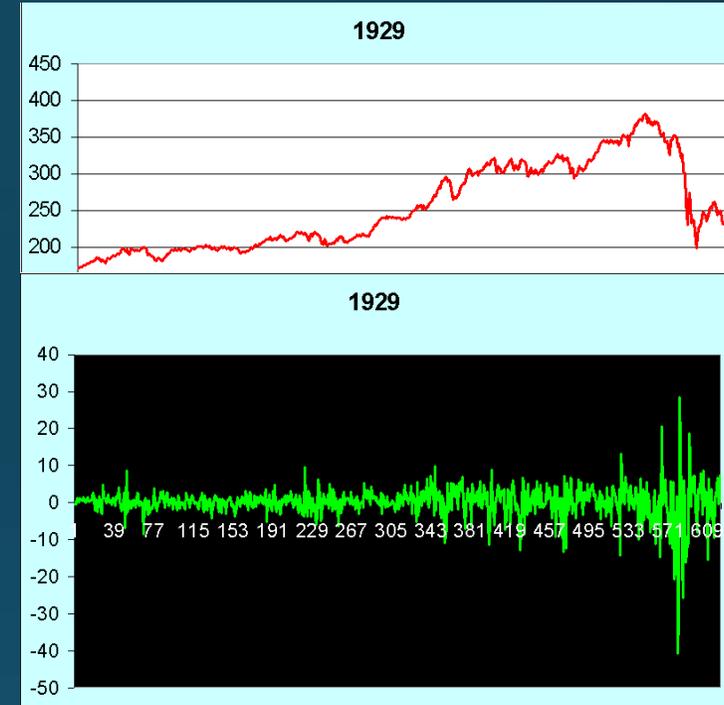
$$f(x) = \text{sen}\left(\frac{1}{x}\right)$$



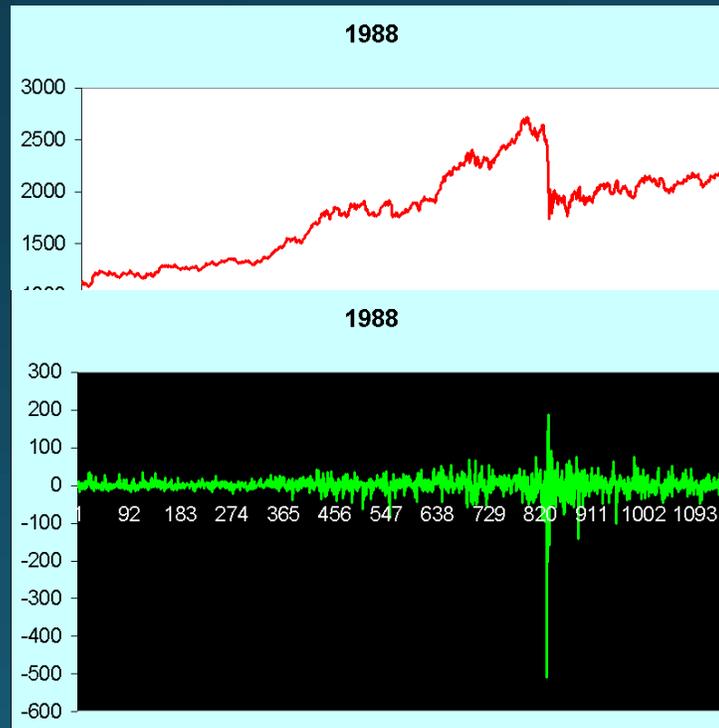
Padrão?



Terremoto Kobe – Japão - 1995



Variação Diária - 1929



Variação Diária - 1988

Fourier (1768)



- **Séries de Fourier**

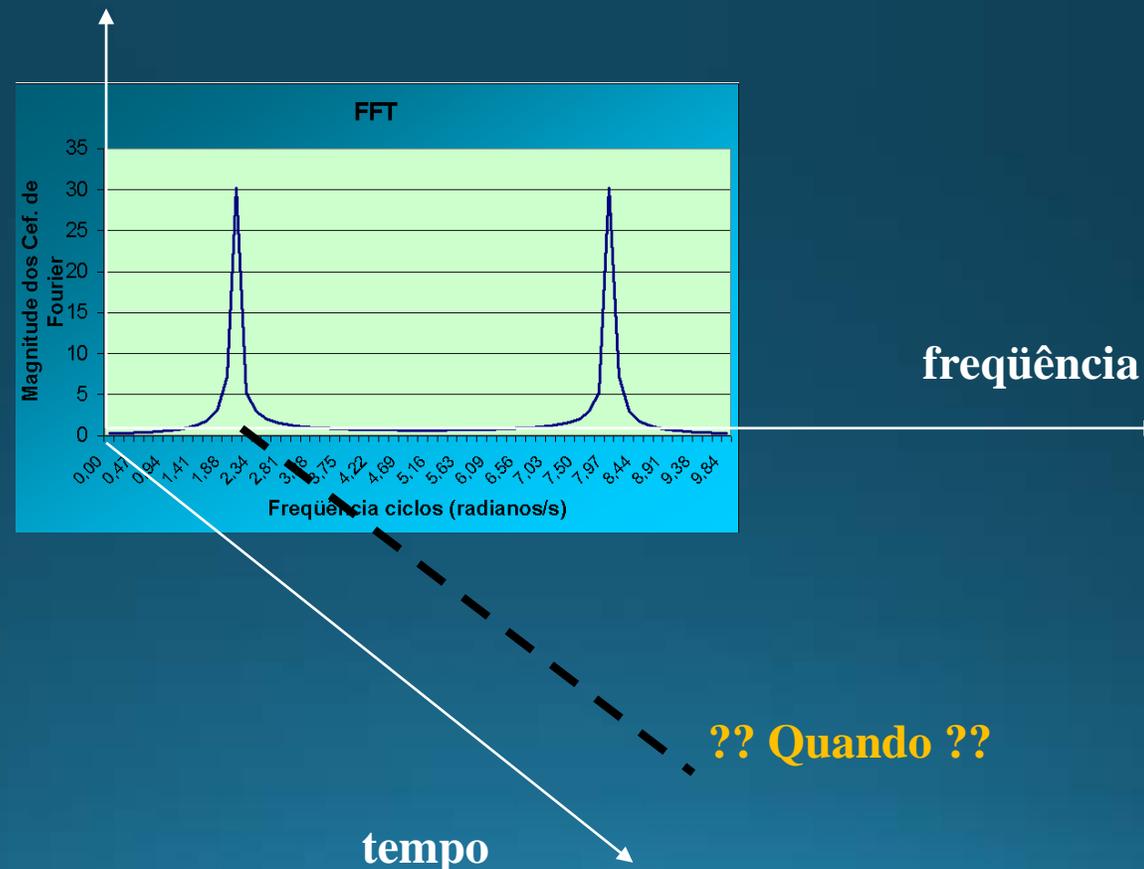
Aproximação de dados por séries harmônicas.

- **Transformadas de Fourier**

Transforma dados no tempo dispostos em frequências

Problemas na Transformada de Fourier o Mercado Financeiro

Não é possível determinar quando irá ocorrer a frequência, ou ,
se no momento da observação está ocorrendo a frequência
dominante.

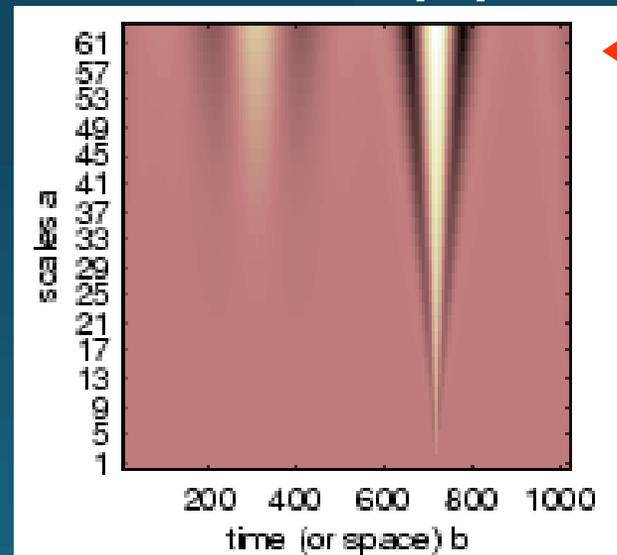
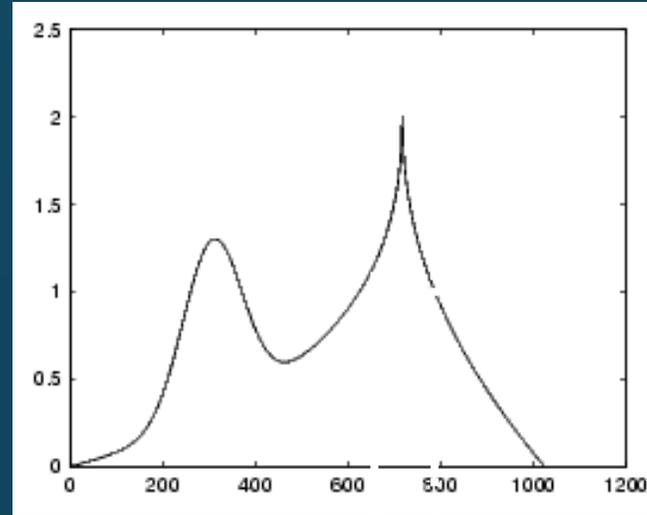


SOLUÇÃO:

WAVELET !!

CARACTERÍSTICA DE UMA WAVELET

Partindo do estudo de Fourier

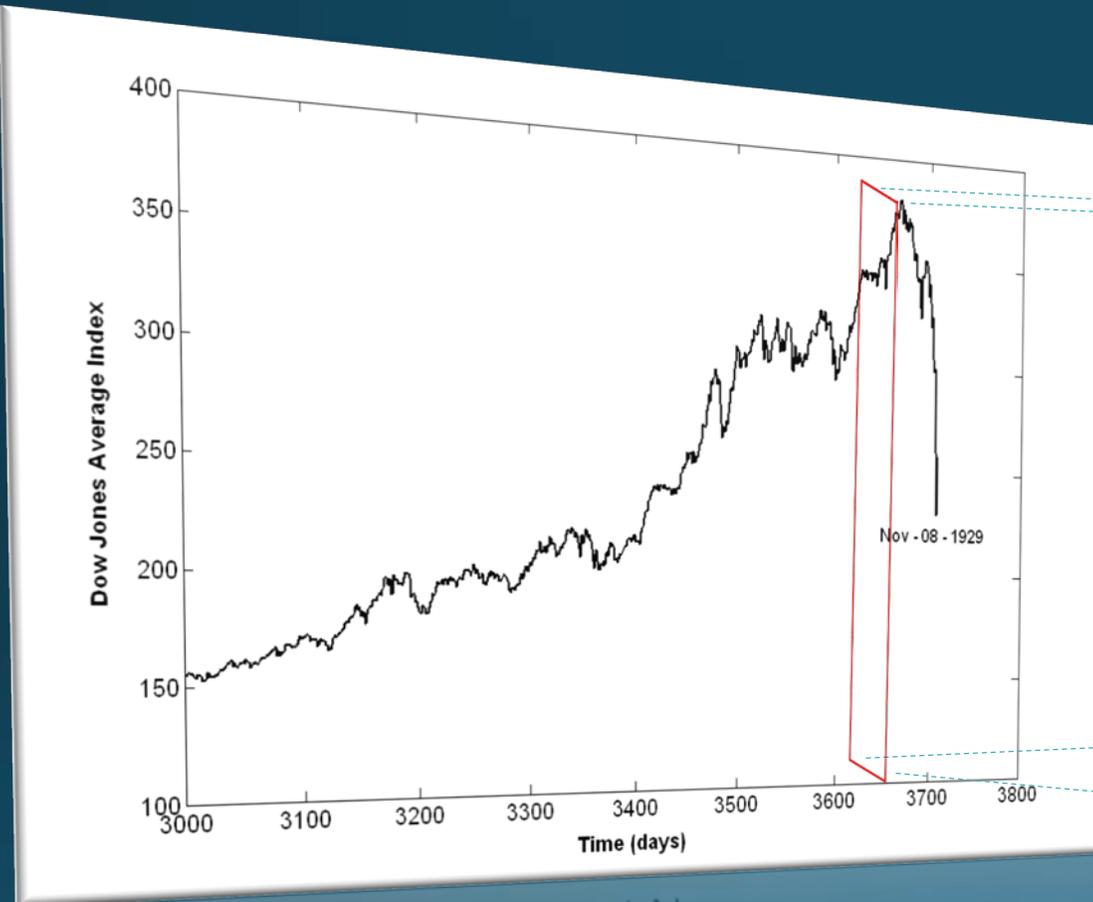


Baixa freqüência

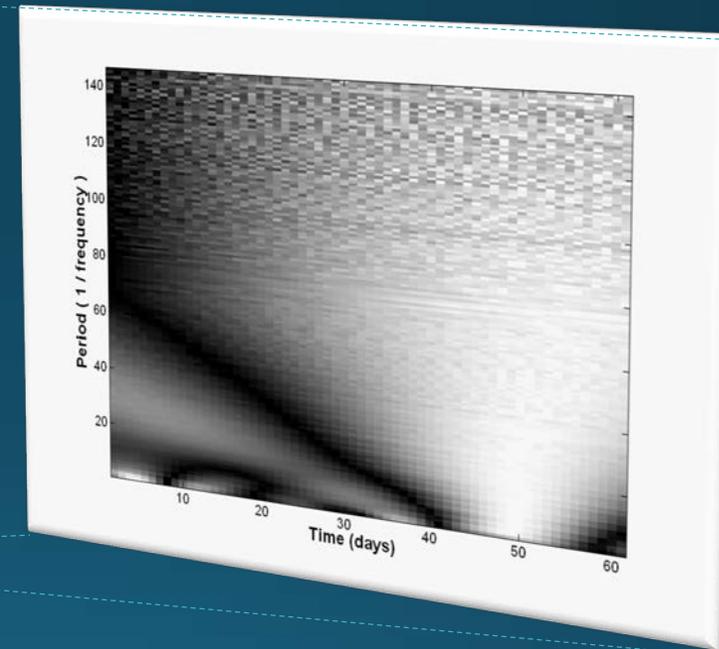


Alta freqüência

WAVELET NO MERCADO FINANCEIRO

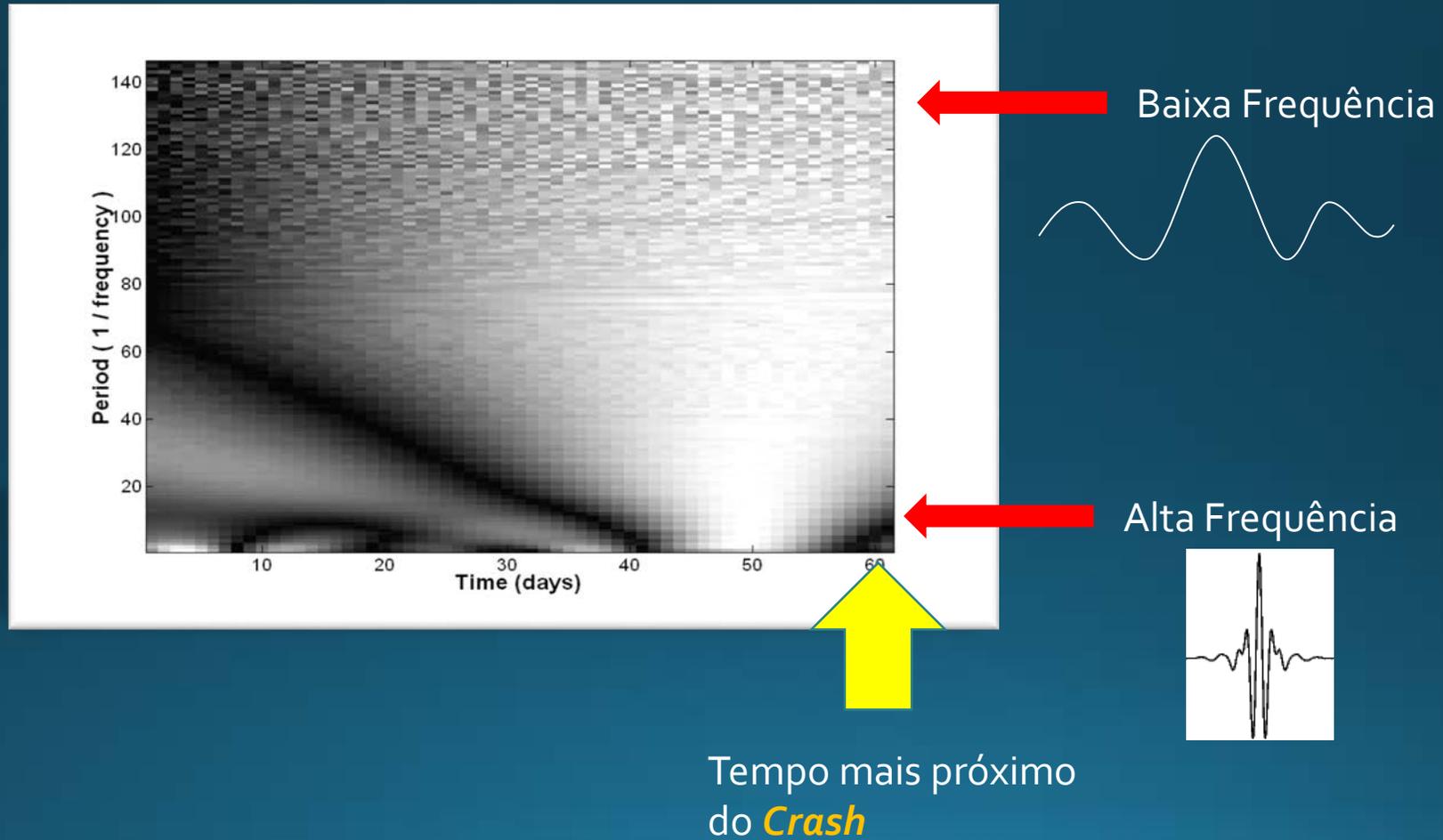


Before Crash



Dow Jones (1929)

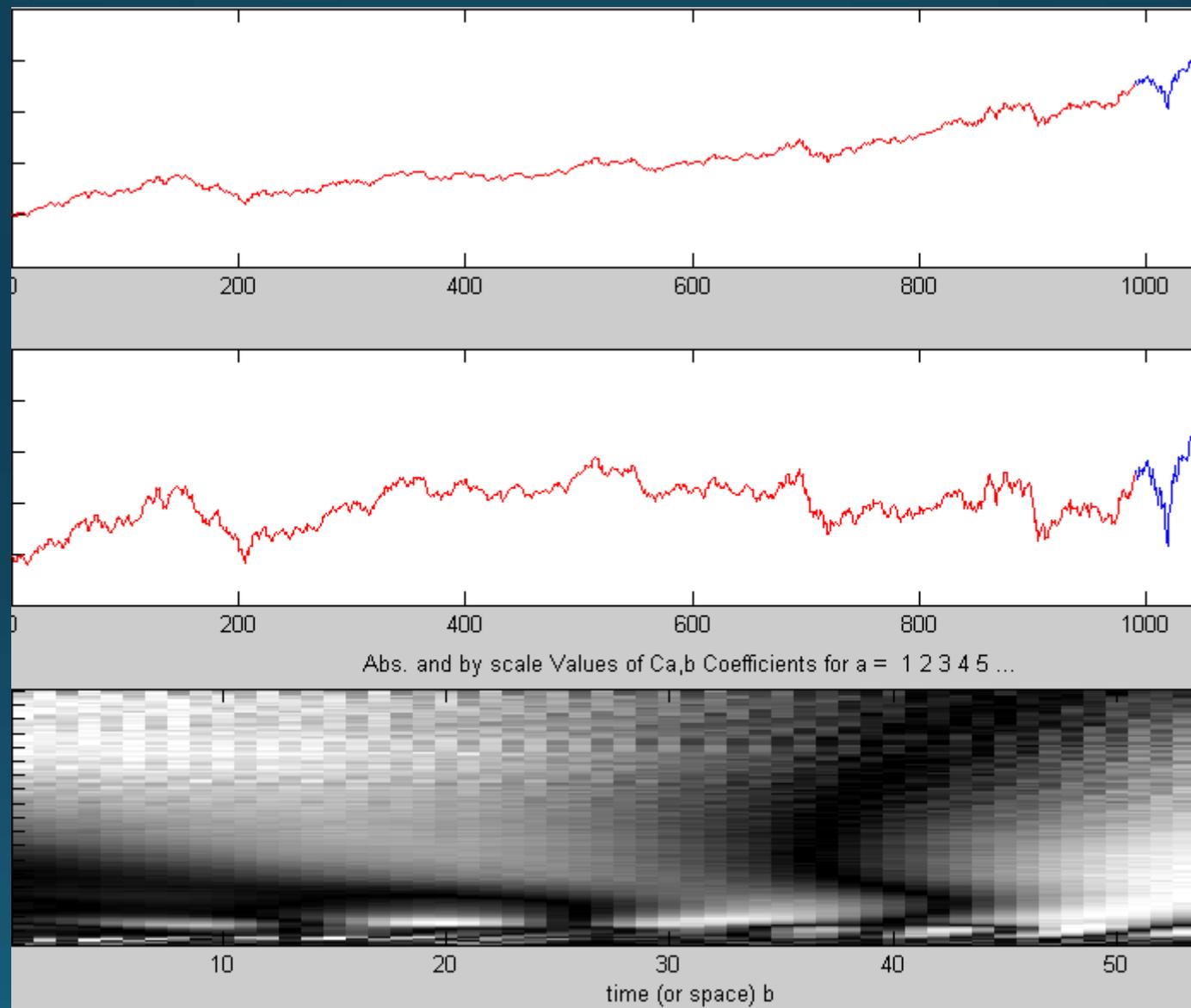
Wavelet : Tempo x Escala



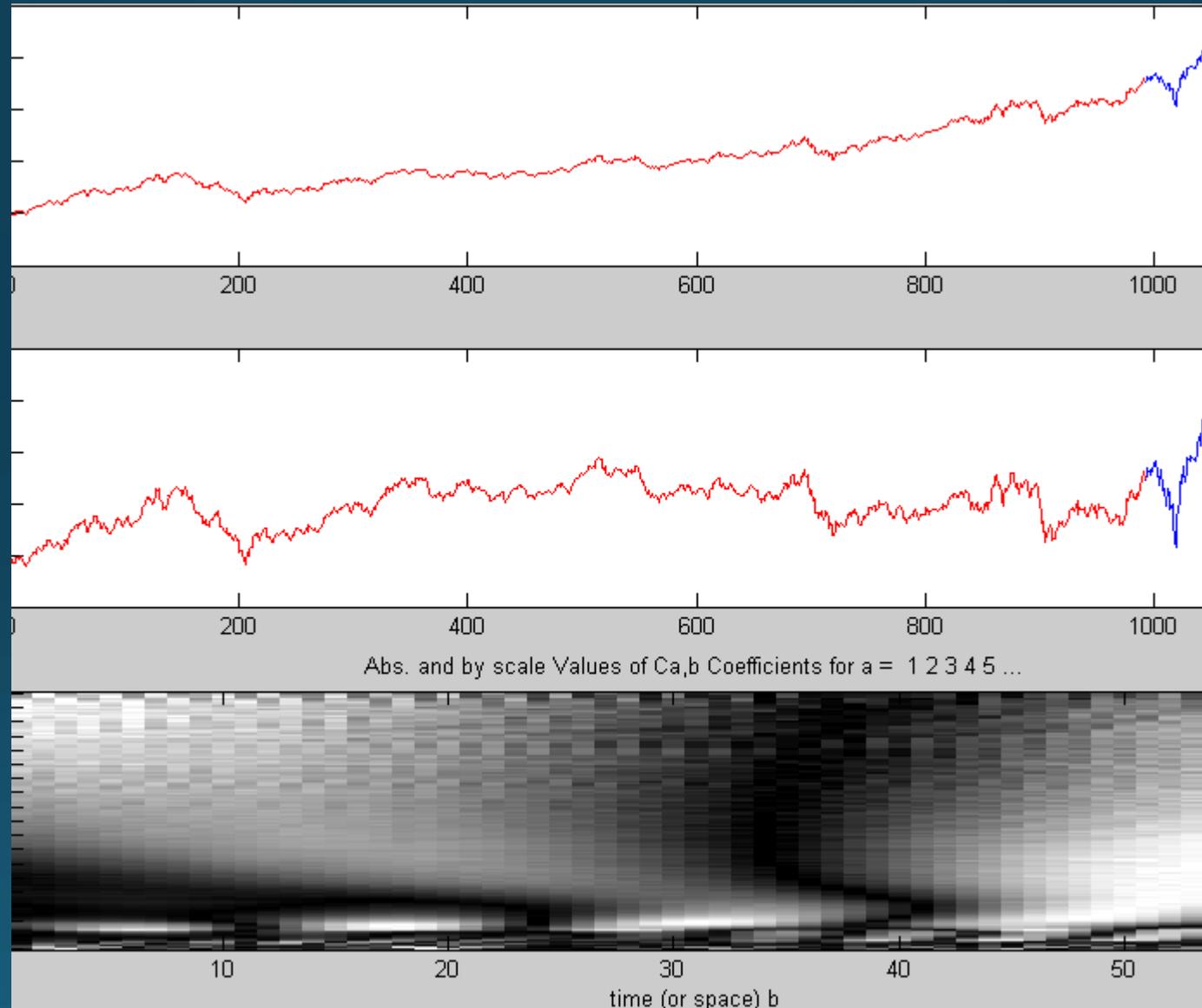
EVENTO : *HANG SENG INDEX*

(Novembro – 2007)

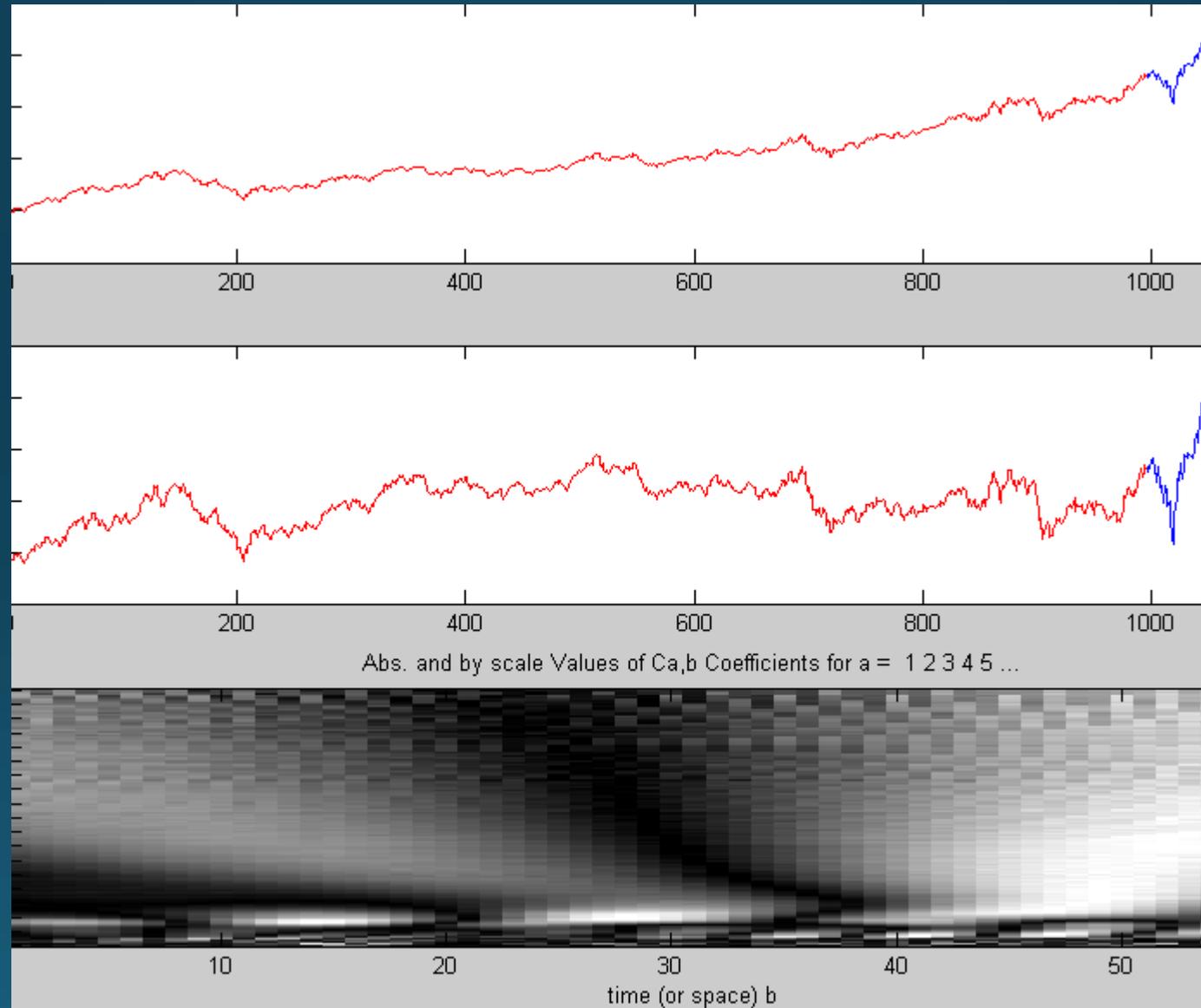
11 DIAS ANTES DO CRASH....



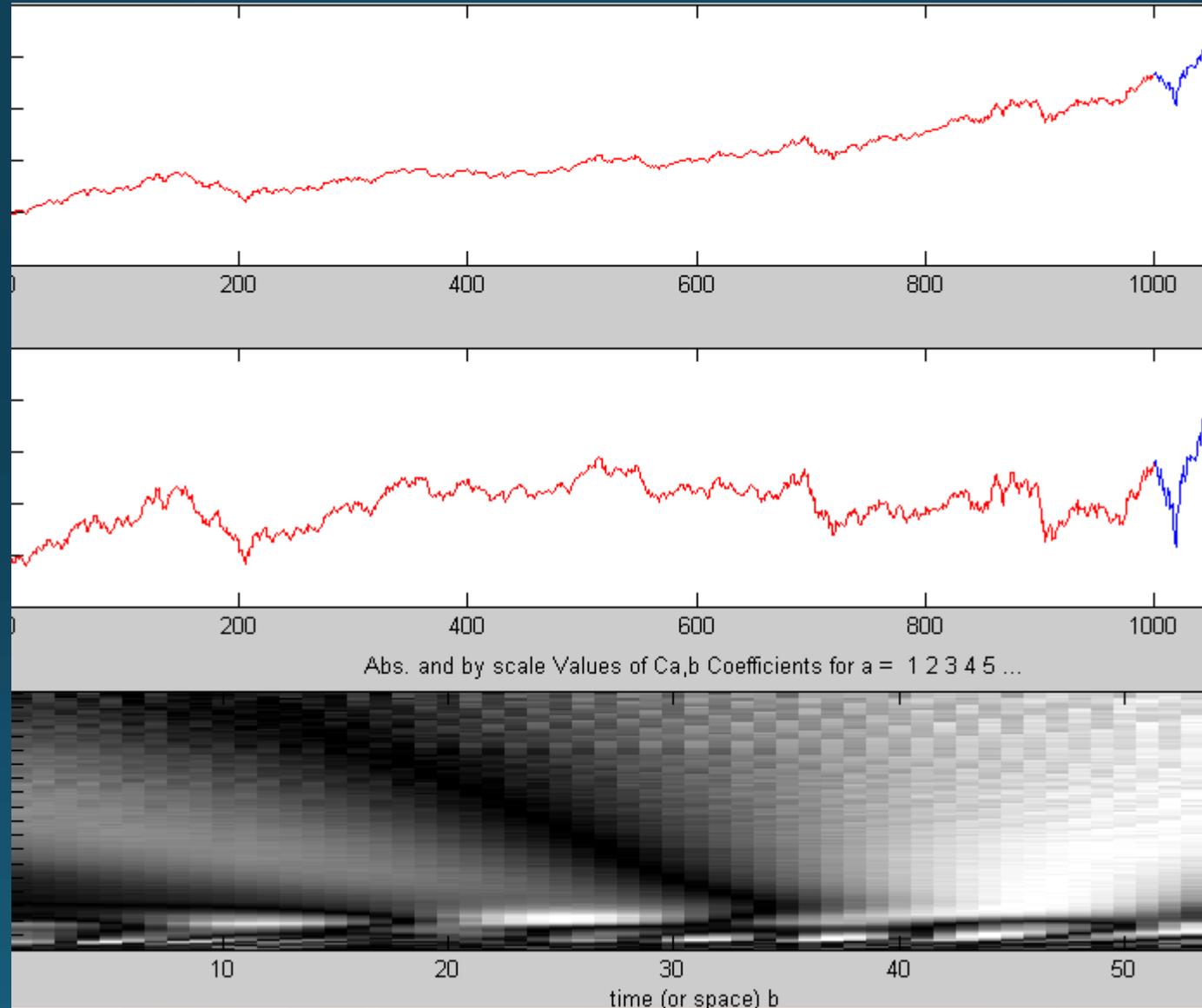
9 DIAS ANTES DO CRASH ...



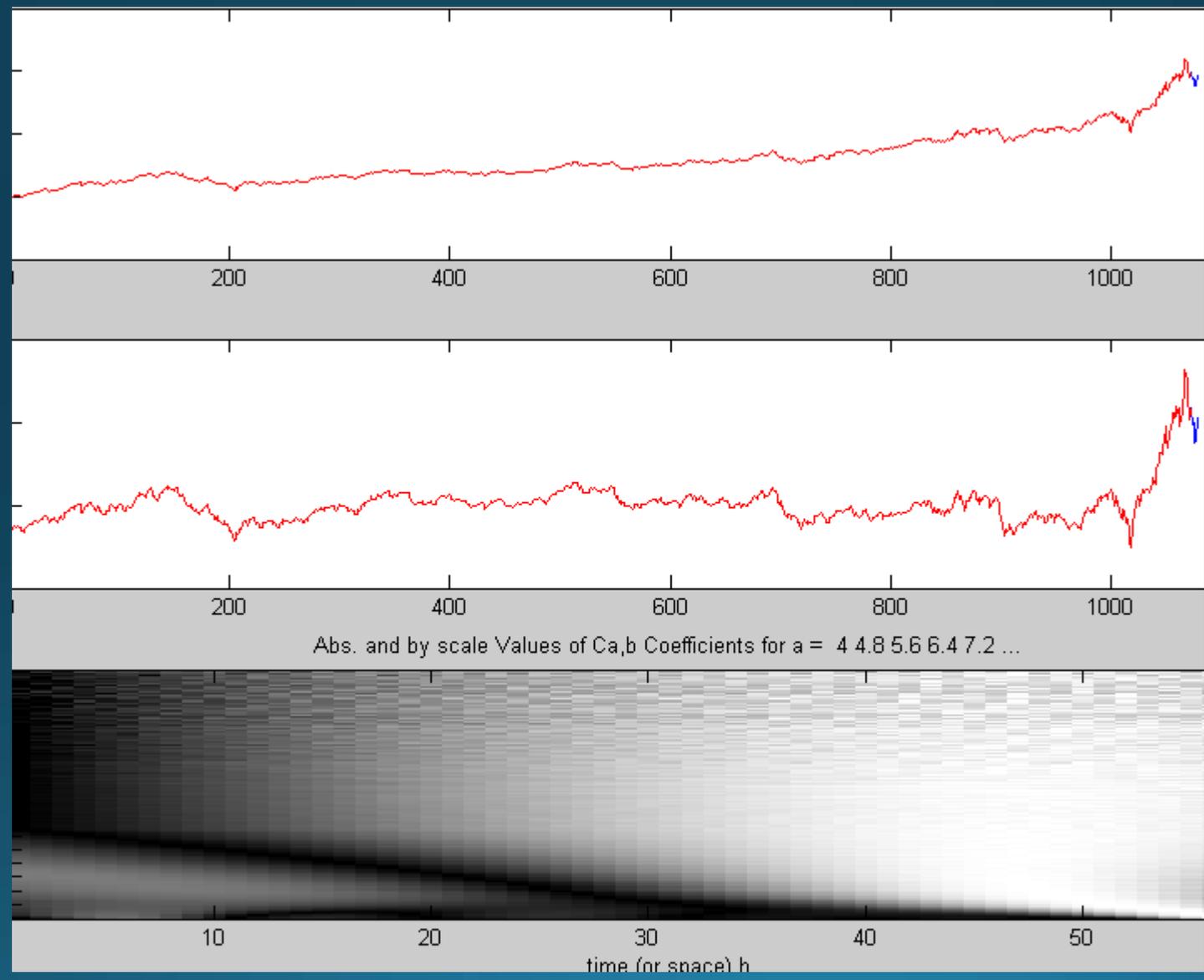
6 DIAS ANTES DO CRASH...



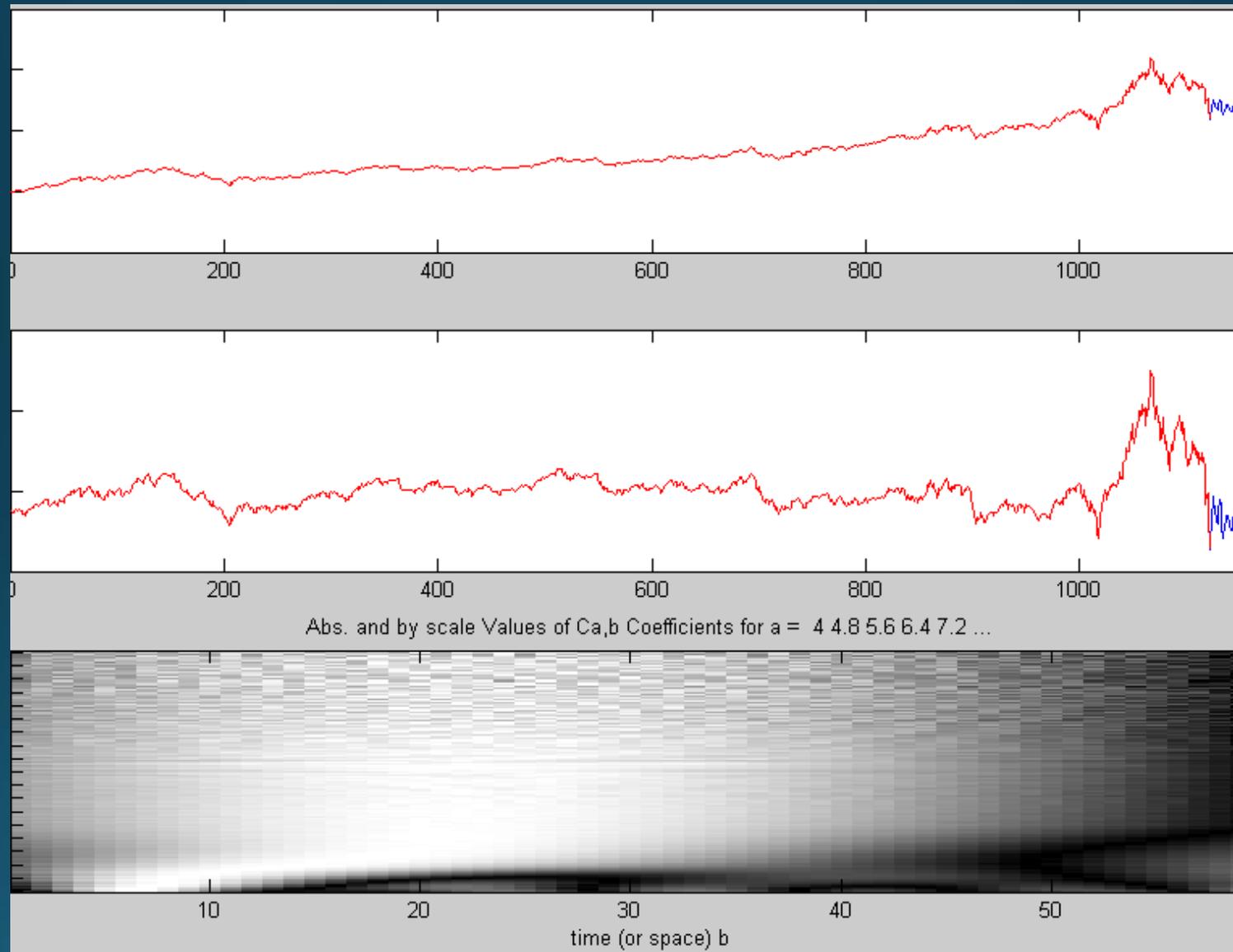
2 DIAS ANTES DO CRASH ...



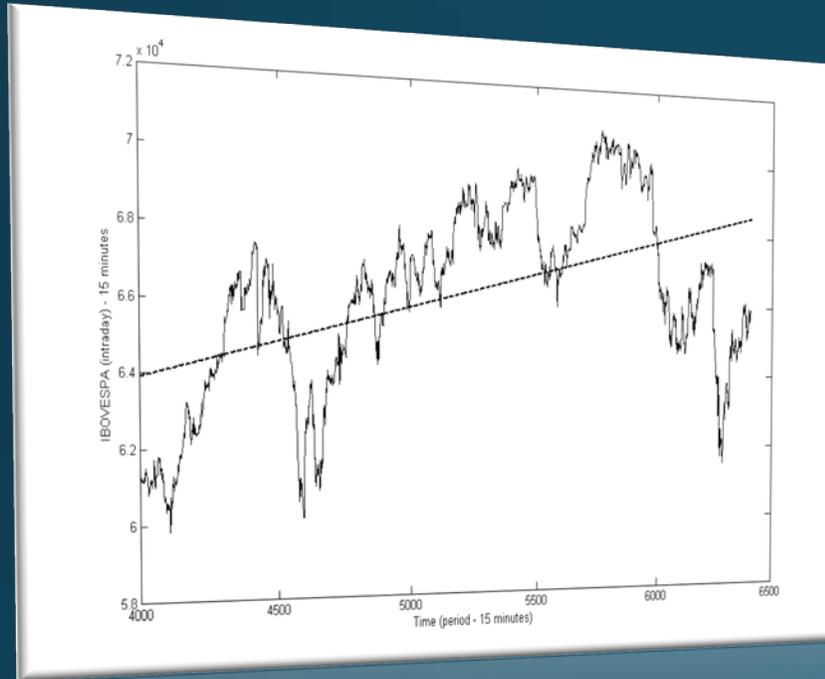
E ... CRASH !



DEPOIS DO CRASH

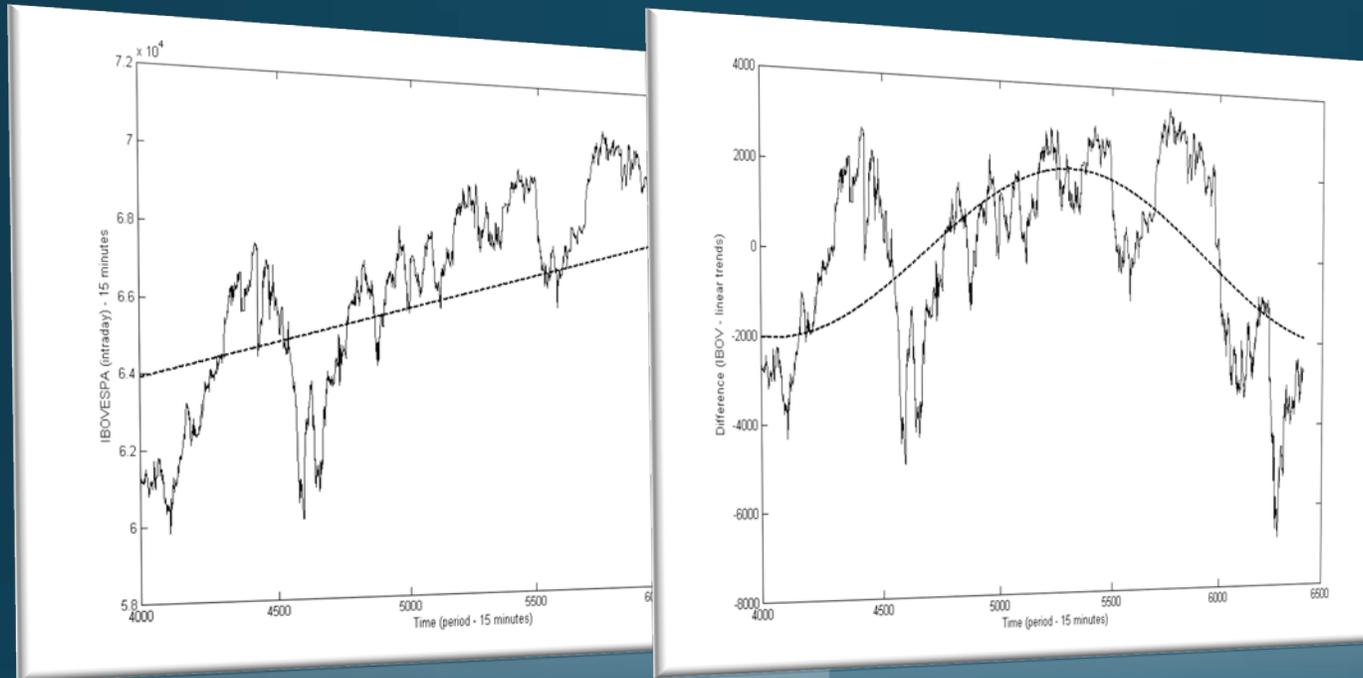


PASSOS PARA O ÍNDICE DE MUDANÇAS ABRUPTAS (IMA)



1- Remove linha de tendência

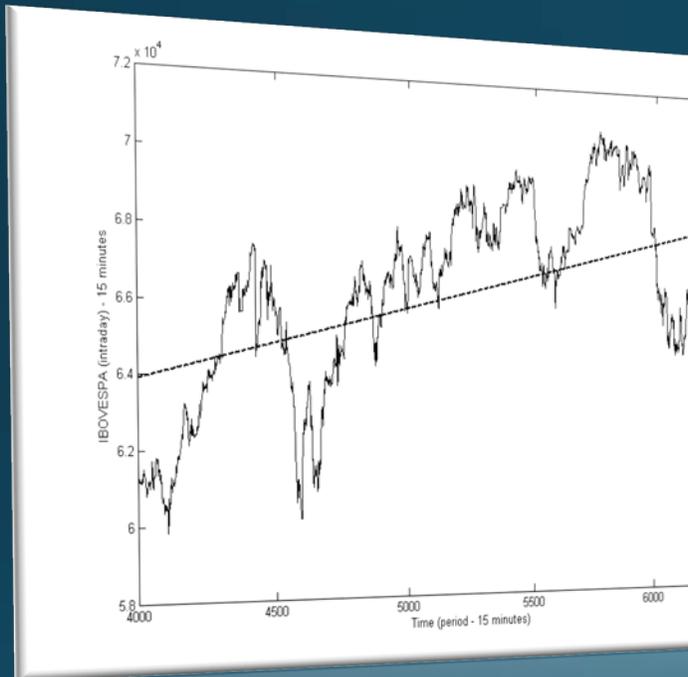
PASSOS PARA O ÍNDICE DE MUDANÇAS ABRUPTAS (IMA)



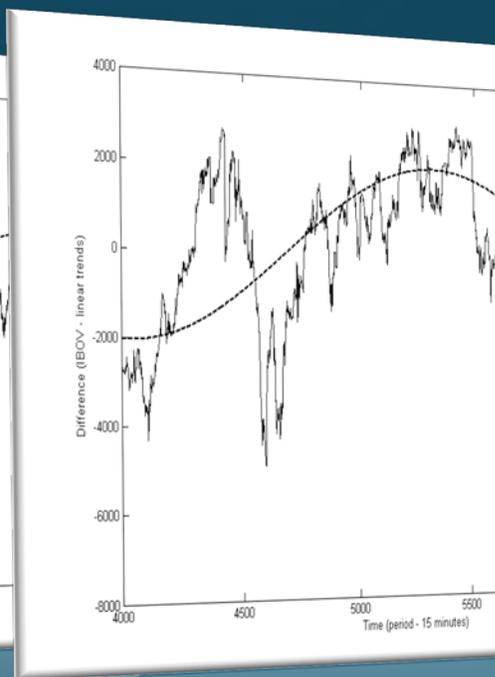
1- Remove linha de tendência

2- Remove componente cíclica

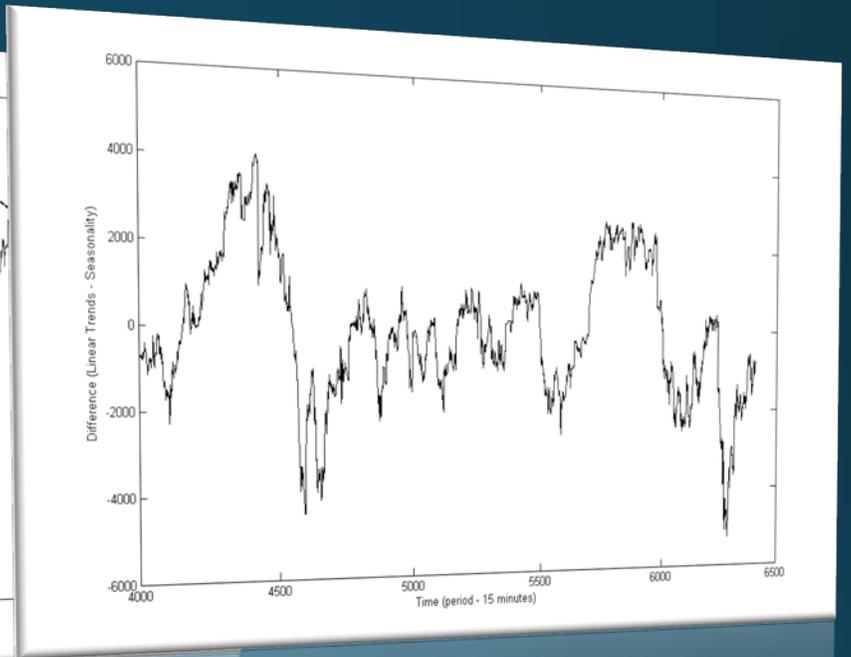
PASSOS PARA O ÍNDICE DE MUDANÇAS ABRUPTAS (IMA)



1- Remove linha de tendência



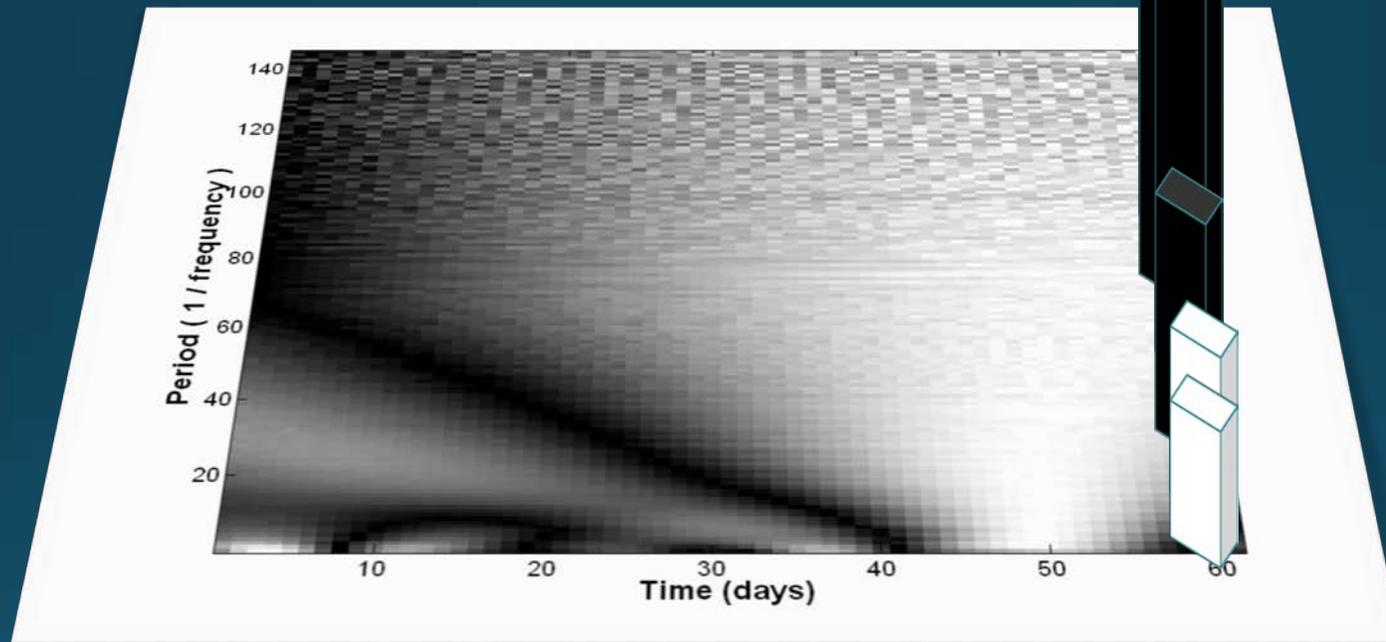
2- Remove componente cíclica



3- Ruído no espectro wavelet

IMA – ÍNDICE DE MUDANÇAS ABRUPTAS

$$\zeta(t) = \frac{n(t)}{N}$$

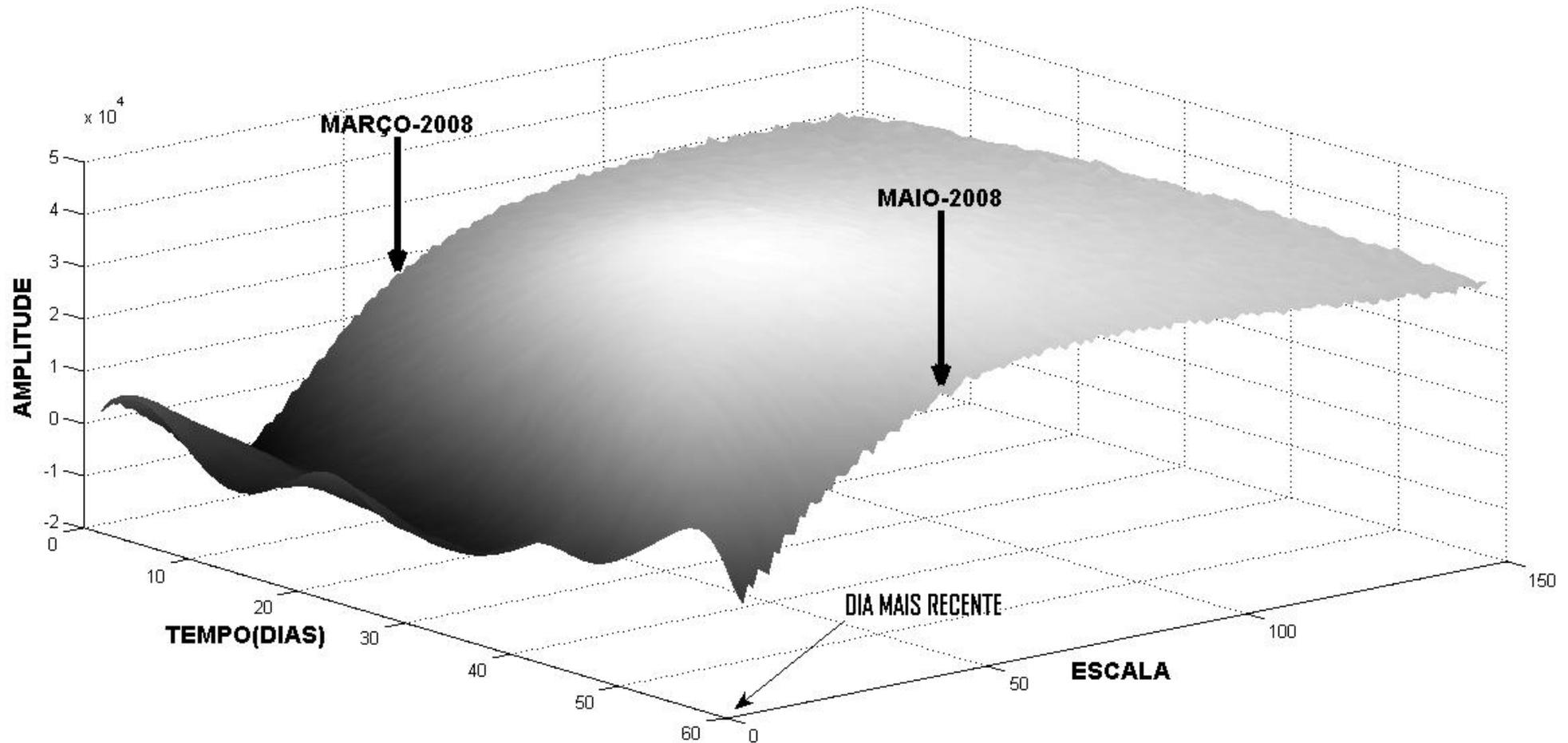


$n(t)$ número de coeficientes maior do que um limiar adotado

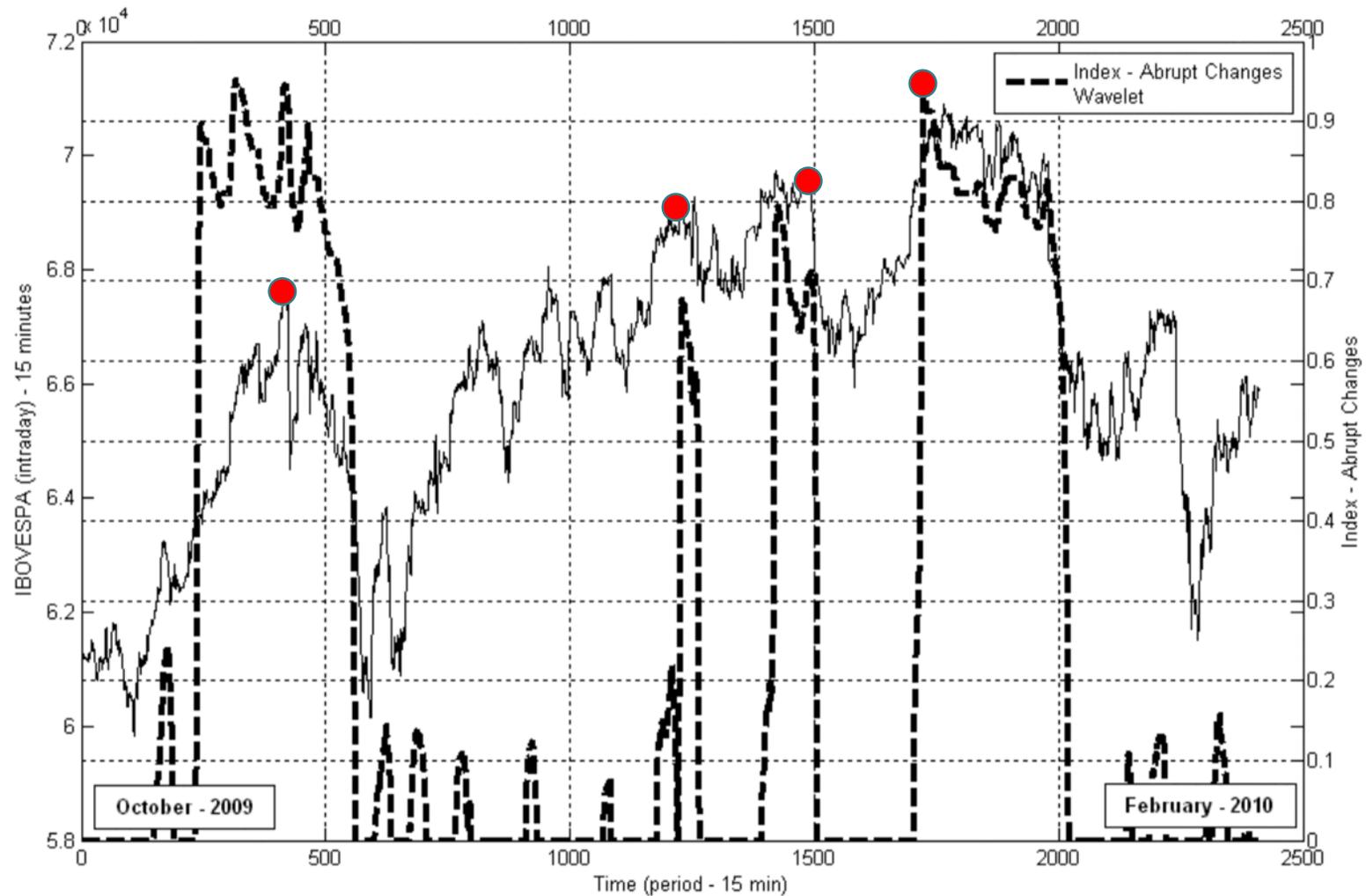
N número total de coeficientes na faixa do espectro

ζ encontra-se no intervalo $[0,1]$

IMA – ÍNDICE DE MUDANÇAS ABRUPTAS (3D)



IBOVESPA– INTRADAY 15 minutes



PRIMEIROS MONITORAMENTOS DO MERCADO

Optimization terminated:
the current x satisfies the termination criteria using OPTI...
and $F(X)$ satisfies the convergence criteria using OPTI...

Iteration	Func-count	min $f(x)$
0	1	8.42991e+11
1	4	8.42991e+11

the current x satisfies the convergence criteria using OPTI...
and $F(X)$ satisfies the convergence criteria using OPTI...

Iteration	Func-count	min $f(x)$
0	1	1.04071e+05
1	5	752794
2	6	762974

1	6	911677
2	7	730198
3	7	730198
4	9	684283
5	11	390514
6	12	390514
7	14	133188
8	16	2691.63
9	17	2691.63
10	18	2691.63

the current x satisfies the termination criteria using OPTI...
and $F(X)$ satisfies the convergence criteria using OPTI...

Iteration	Func-count	min $f(x)$
0	1	7.94829e+09
1	4	7.94829e+09
2	6	6.61207e+09
3	7	6.61207e+09
4	9	5.68965e+09
5	11	3.67319e+09
6	12	3.67319e+09
7	14	1.14824e+09
8	16	1.83276e+07
9	17	1.83276e+07
10	19	1.83276e+07

the current x satisfies the termination criteria using OPTI...
and $F(X)$ satisfies the convergence criteria using OPTI...

Iteration	Func-count	min $f(x)$
0	1	8.62318e+09
1	4	8.62318e+09
2	6	7.19884e+09

the current x satisfies the termination criteria using OPTI...
and $F(X)$ satisfies the convergence criteria using OPTI...

Iteration	Func-count	min $f(x)$
0	1	8.62417e+09
1	4	8.62417e+09
2	6	7.18873e+09
3	7	7.18873e+09
4	9	6.88455e+09
5	11	6.88455e+09

the current x satisfies the termination criteria using OPTI...
and $F(X)$ satisfies the convergence criteria using OPTI...

Iteration	Func-count	min $f(x)$
0	1	9.95277e+09
1	4	9.95277e+09
2	6	8.3826e+09
3	7	8.3826e+09

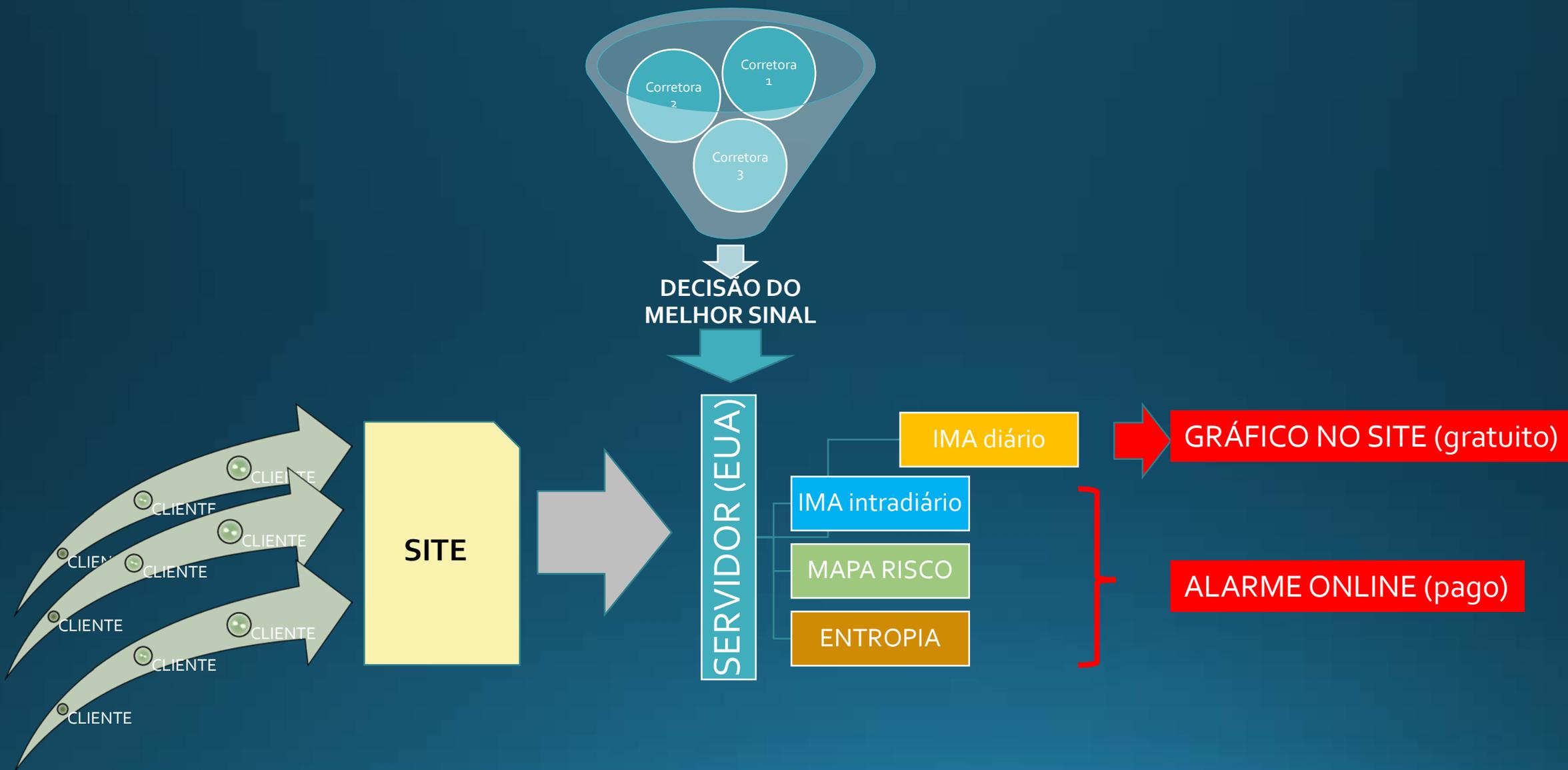
Iteration	Func-count	min $f(x)$
0	1	9216
1	4	7865
2	6	7467
3	7	9469
4	9	6884

23	47	242128	contract	inside
23	47	288791	contract	inside
24	49	9118741	contract	inside
25	51	98221.1	contract	inside
26	53	34919.1	contract	inside
27	55	34919.1	contract	inside
29	59	17933.3	contract	inside
29	59	19923.3	contract	inside
30	61	9648.68	contract	inside
31	63	7648.68	contract	inside
32	65	7648.68	contract	inside

Optimization terminated:
Optimization terminated:
the current x satisfies the termination criteria using OPTI...
and $F(X)$ satisfies the convergence criteria using OPTI...

Iteration	Func-count	min $f(x)$	Procedure
0	1	1.00922e+10	initial simplex
1	4	7.98805e+09	simplex

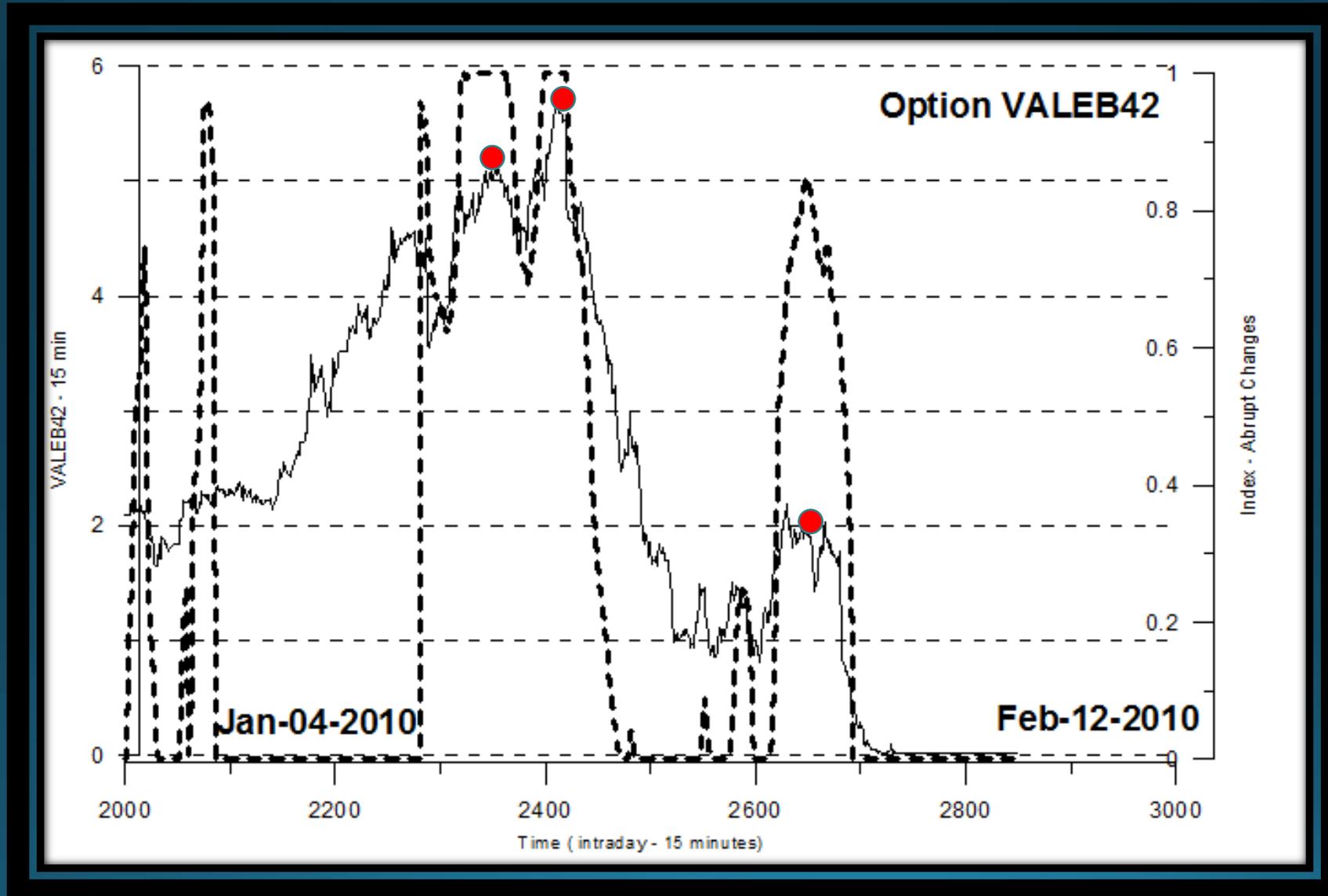
AUTOMAÇÃO DO MONITORAMENTO E ALARMES



IMA PARA OPÇÕES (intraday – 15 minutes)

Option VALEB42

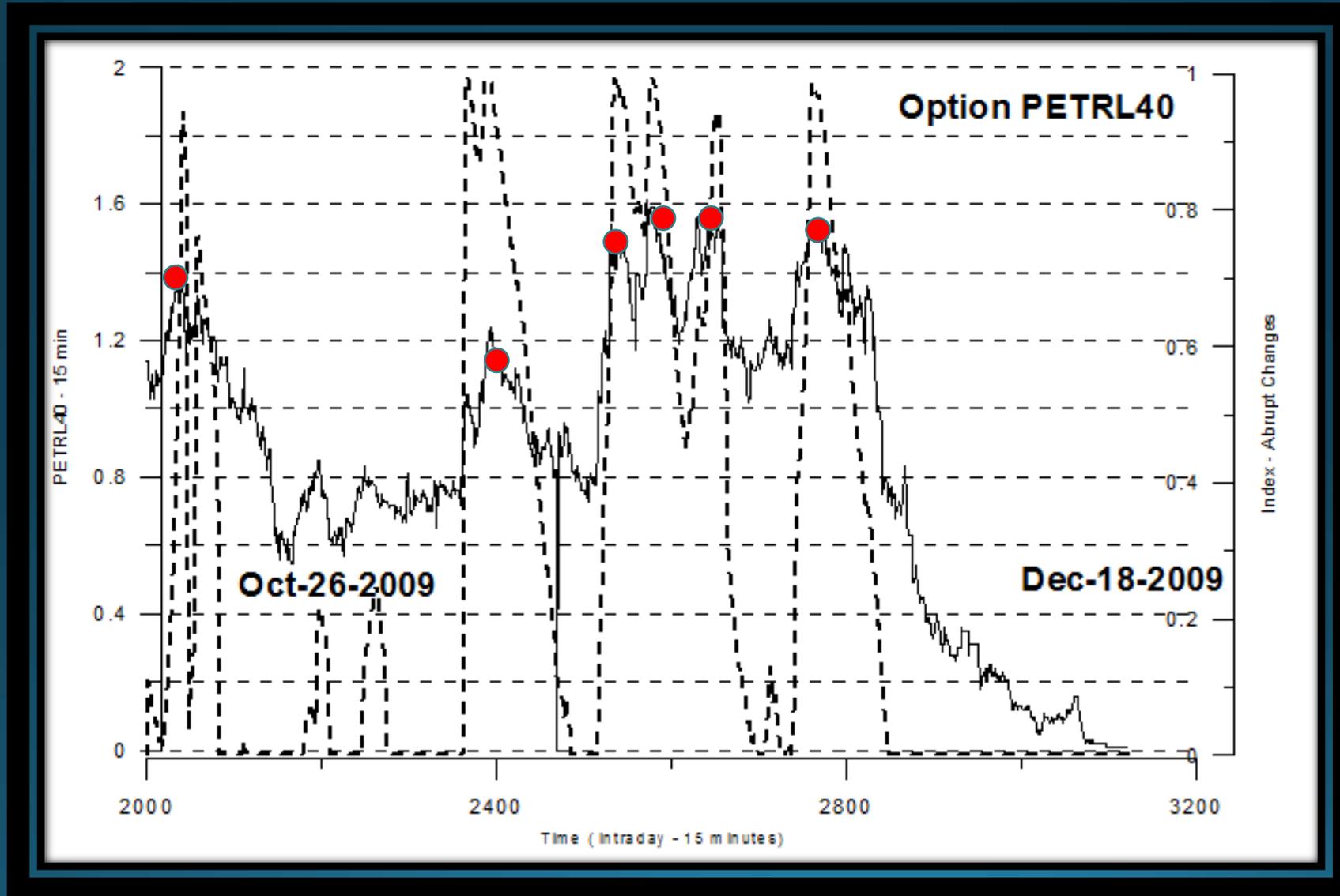
VALE DO RIO DOCE



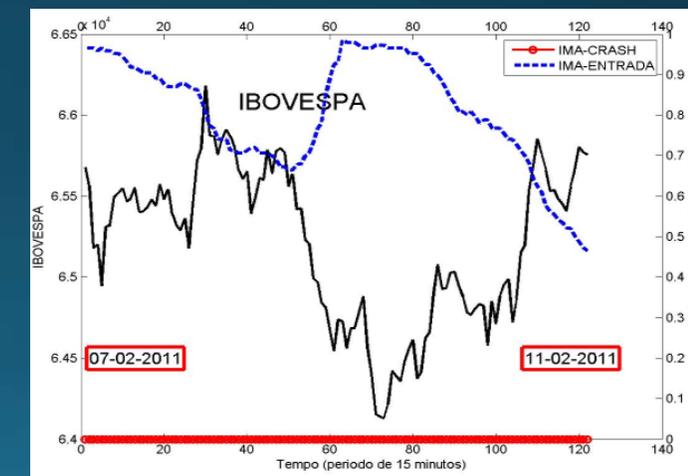
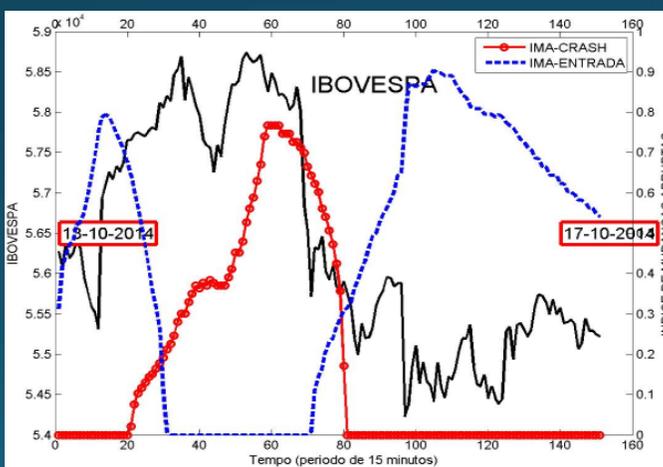
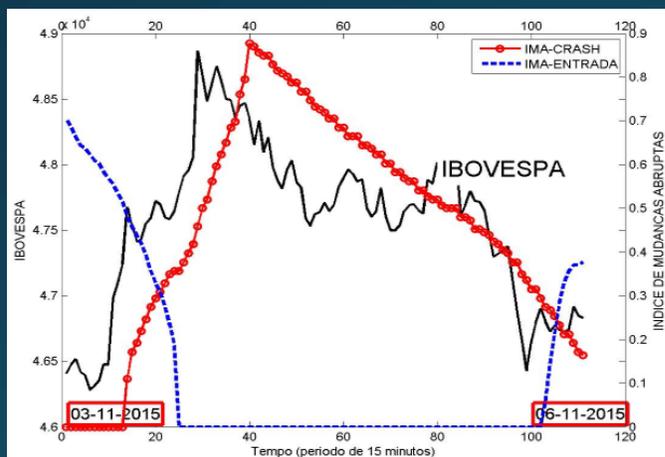
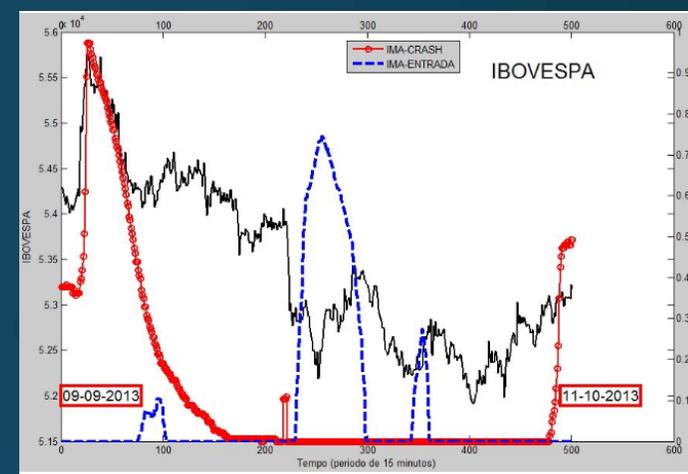
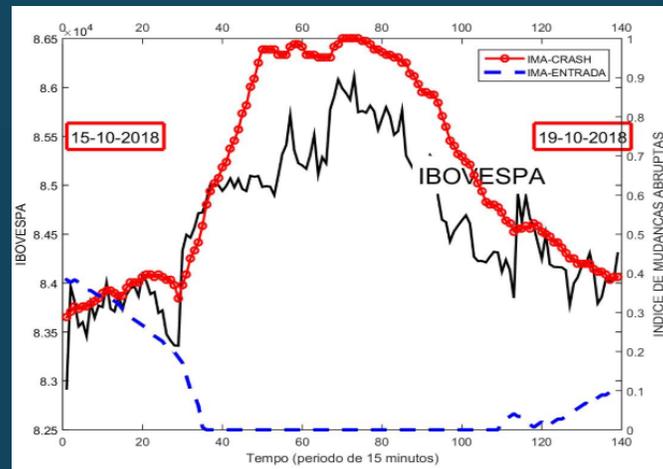
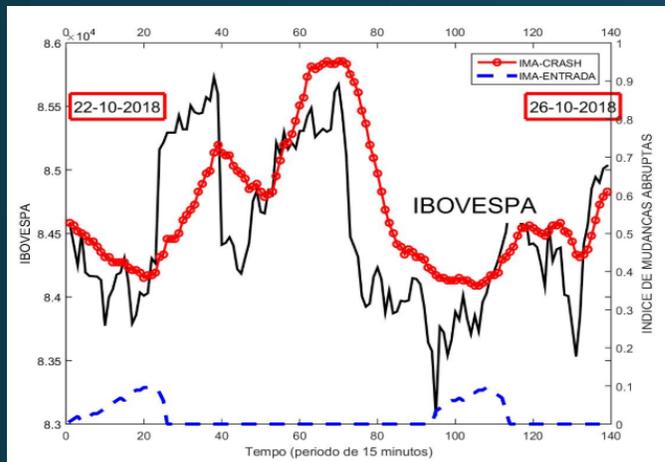
IMA PARA OPÇÕES (intraday – 15 minutes)

Option PETRL40

PETROBRAS - Oil Sector



IMA IBOVESPA (intraday – 15 minutes)



IMA AÇÕES (intraday – 15 minutes)



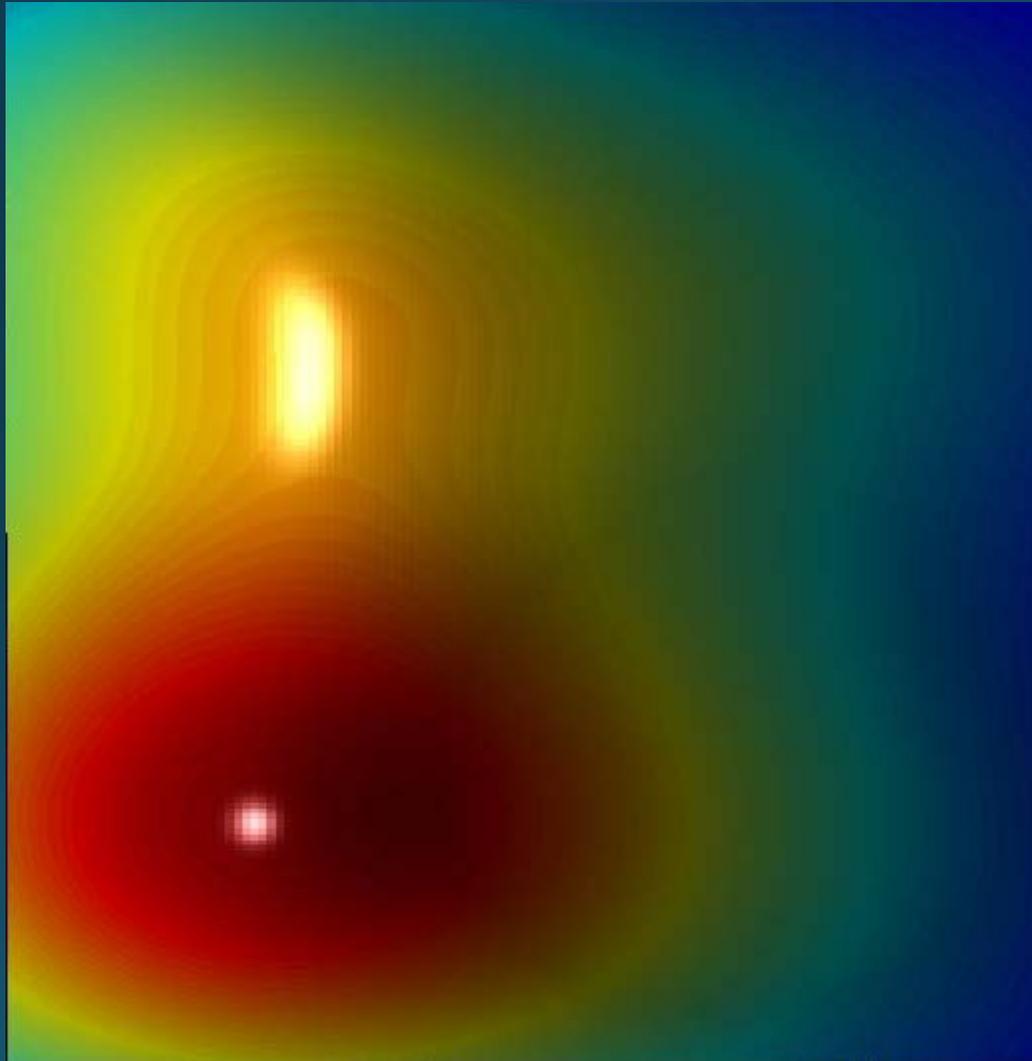
APÓS 889.781 DADOS ...

ESTATÍSTICA DOS ALARMES PARA O IBOVESPA- Intraday 15 minutos

Estatística dos Alarmes – Dias de observação = 2125

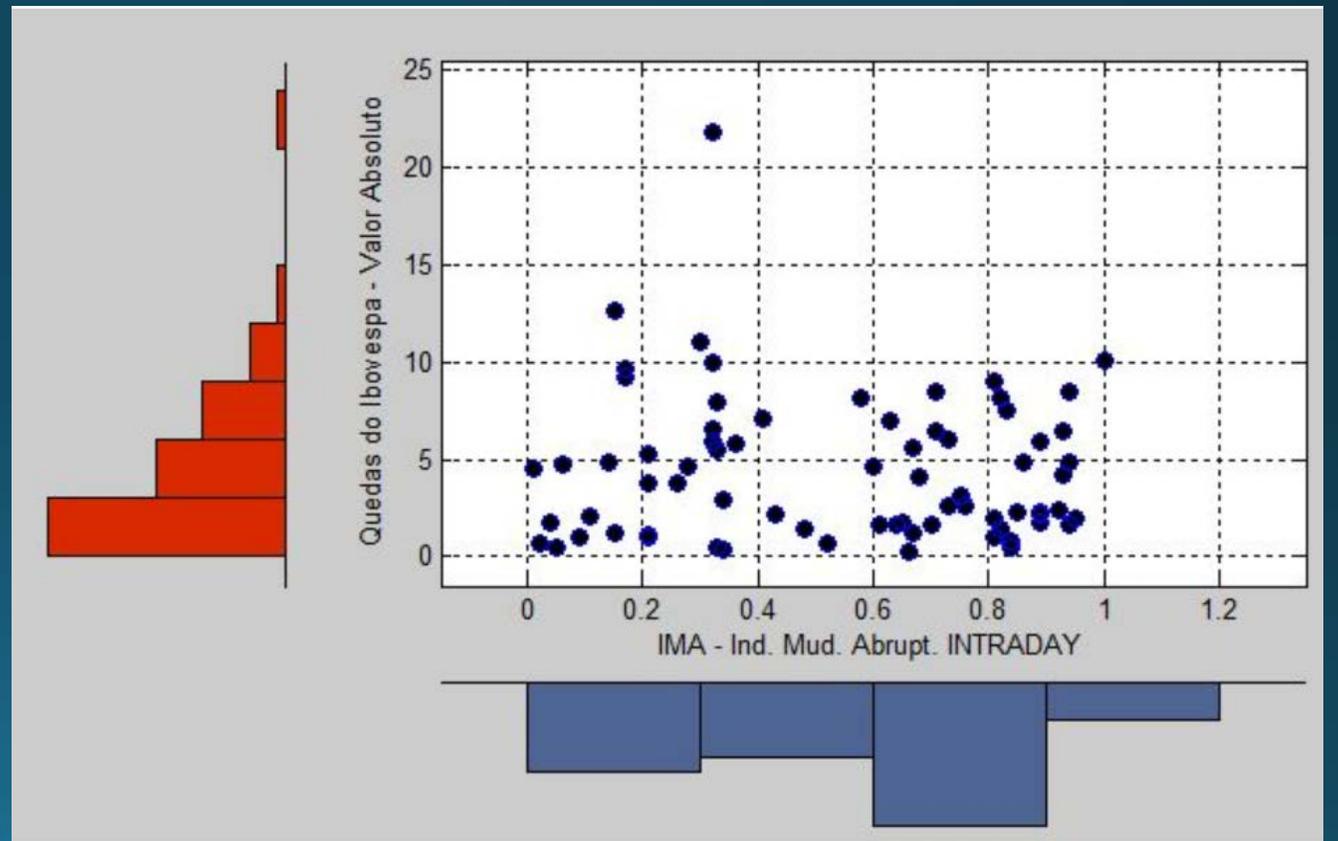
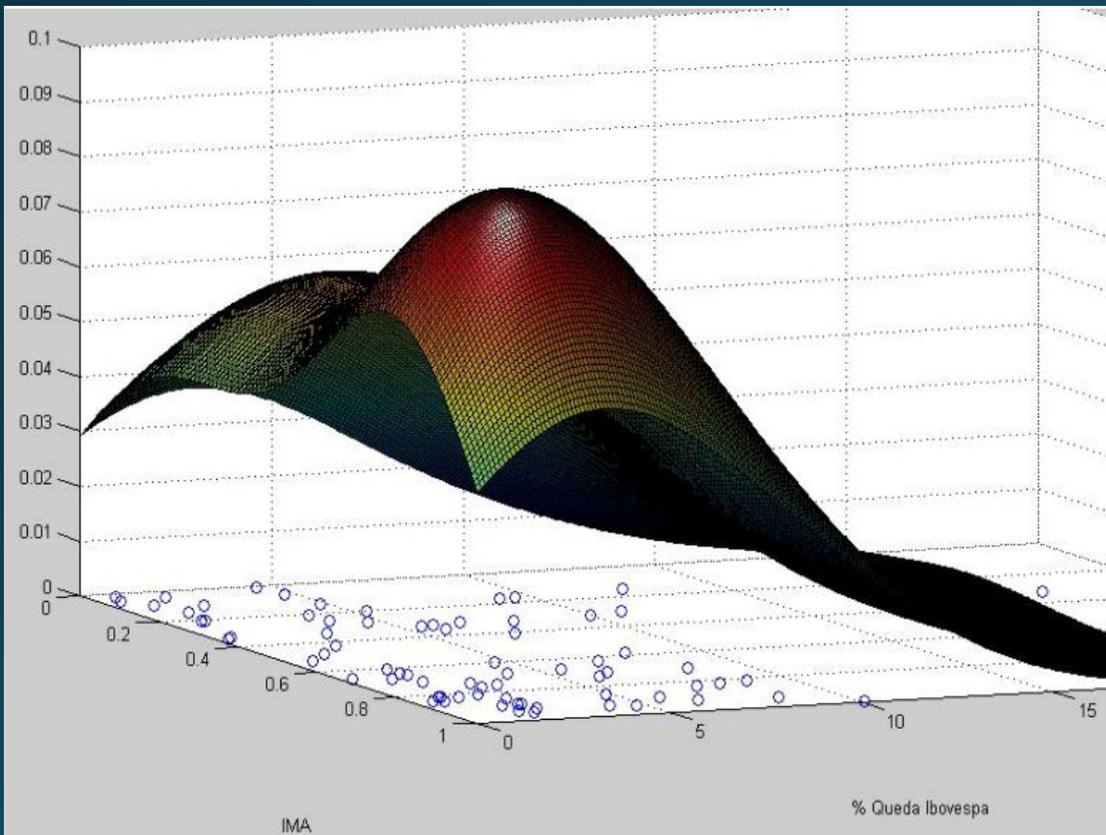


Cinco mil horas depois ...



Mapa de Risco

DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE CONDICIONAL



CLUSTER PARA IMA x VOLATILIDADE

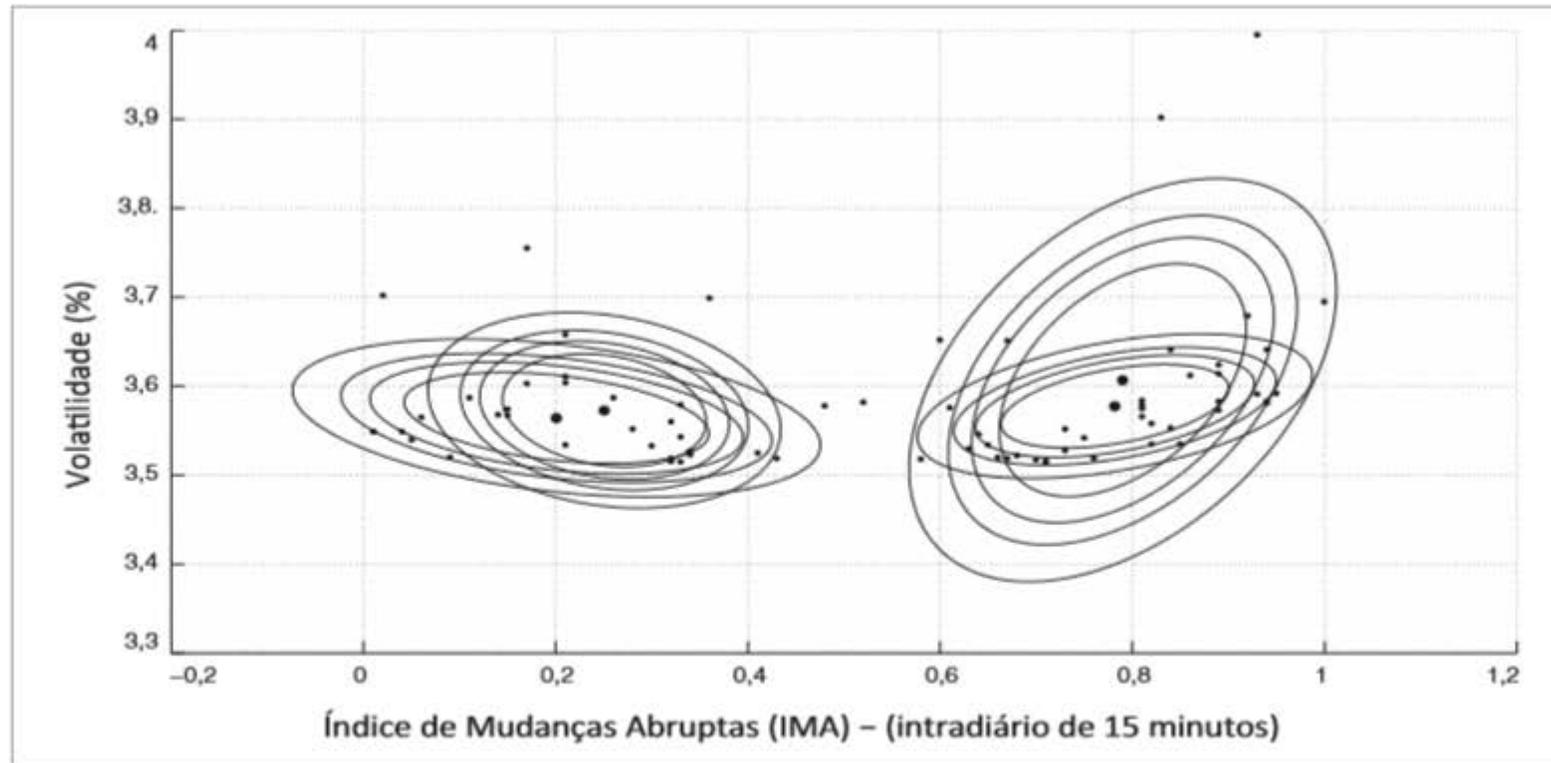
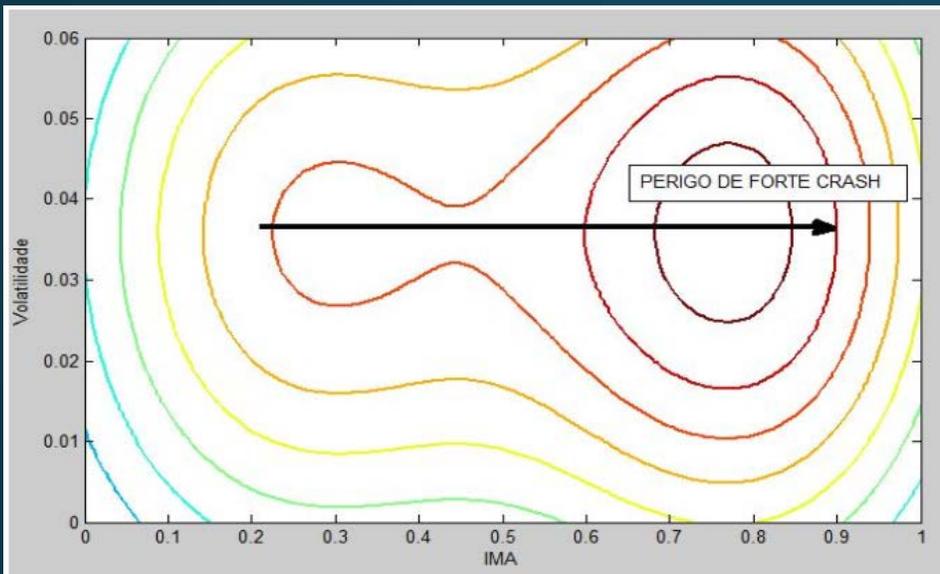


Figura 8.2 – Relação entre volatilidade (%) e IMA do Ibovespa intradiário (15 minutos).

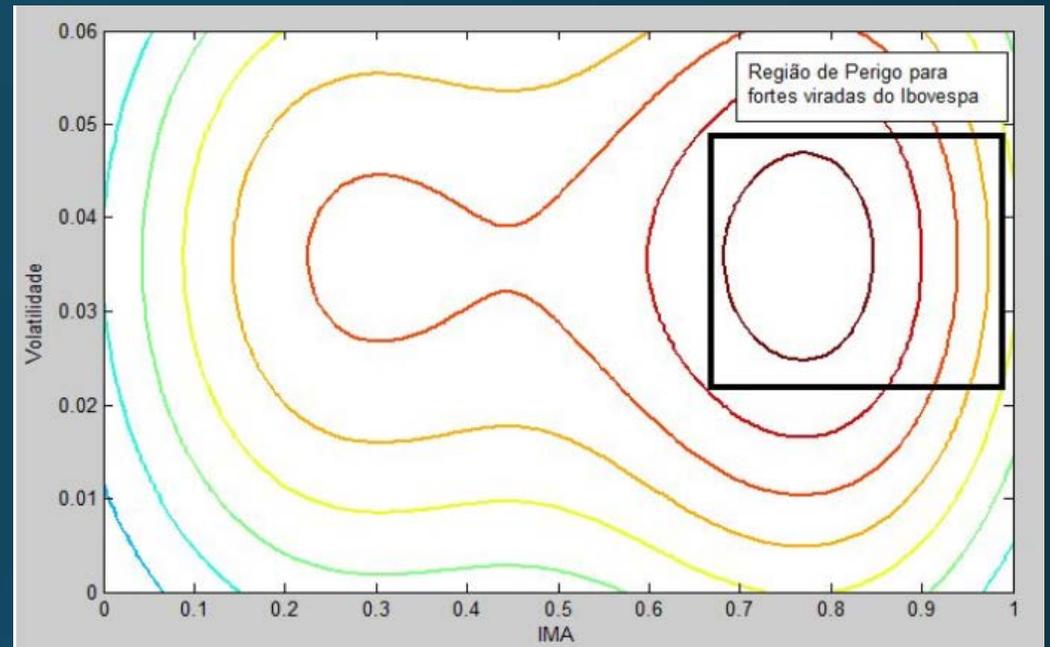
PROBABILIDADE DE QUEDAS - ALARME

Tabela 8.1 – Probabilidade condicional de quedas do Ibovespa

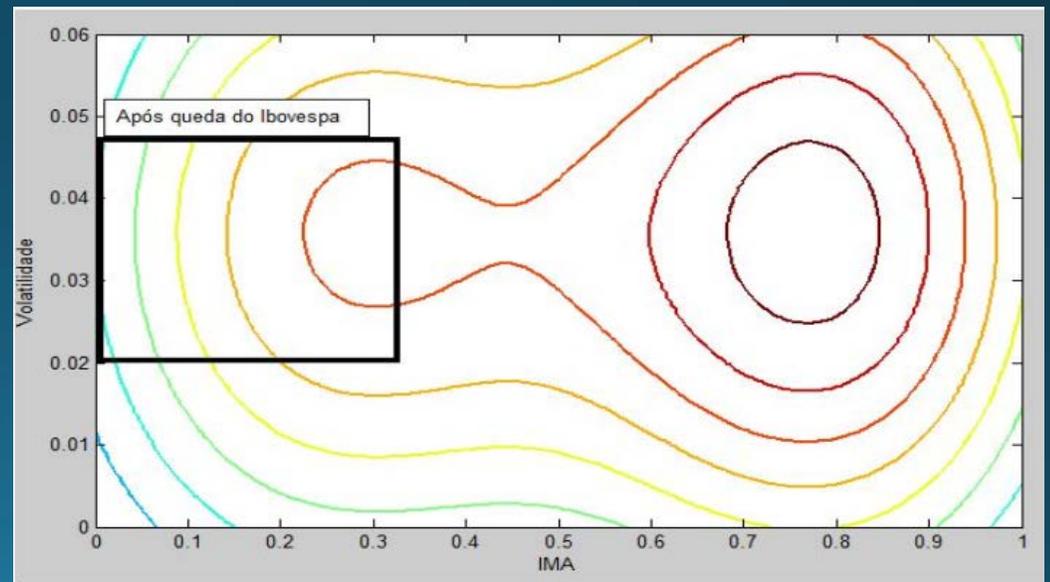
Probabilidade de o Ibovespa cair mais de...	0,5%	1%	1,5%	2%	3%	5%
IMA = 0,1	95%	91%	86%	82%	72%	53%
IMA = 0,2	95%	91%	87%	83%	73%	55%
IMA = 0,3	95%	91%	87%	83%	74%	55%
IMA = 0,4	95%	91%	87%	83%	73%	54%
IMA = 0,5	95%	91%	86%	81%	71%	51%
IMA = 0,6	94%	90%	85%	80%	70%	49%
IMA = 0,7	94%	90%	85%	80%	69%	48%
IMA = 0,8	94%	90%	85%	80%	69%	48%
IMA = 0,9	94%	90%	85%	80%	69%	48%
IMA = 1,0	95%	90%	85%	80%	70%	49%



Mapa de Risco



ESTRUTURA DO MAPA



EM DIREÇÃO AO CRASH

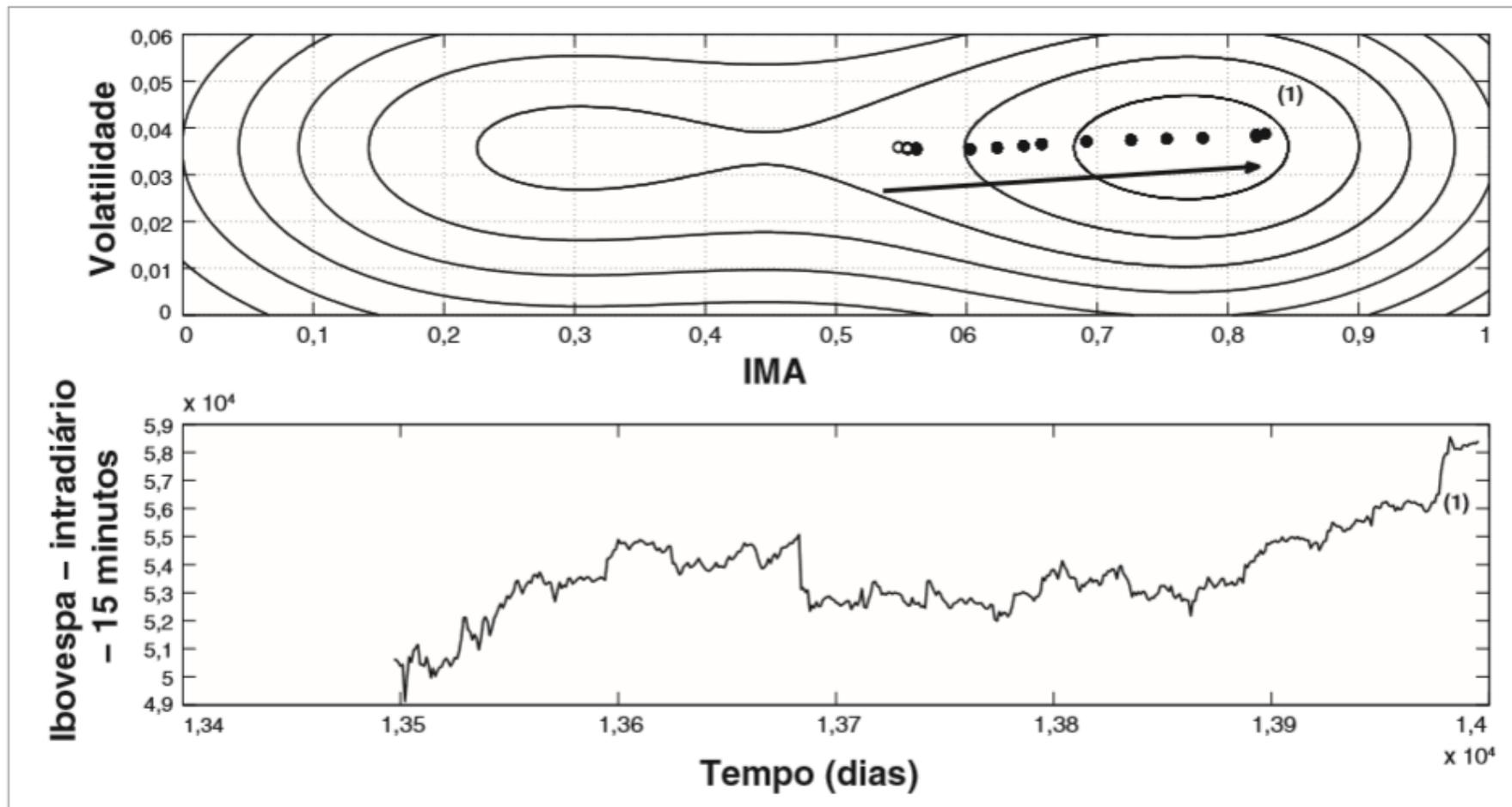


Figura 8.10 – Dados reais do Ibovespa em um dia antes do *crash*, com nível de alerta aumentando.

INÍCIO DO CRASH

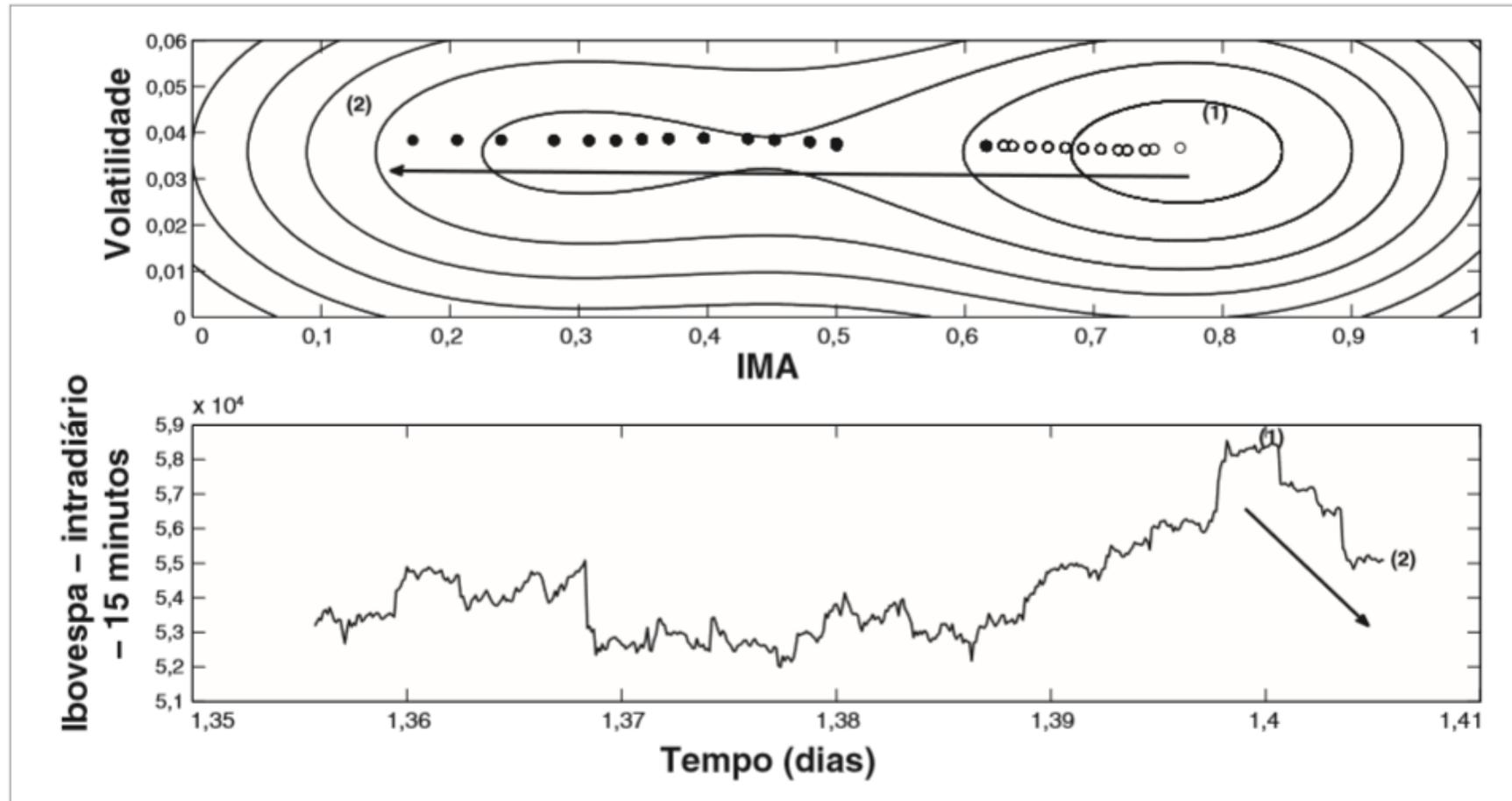
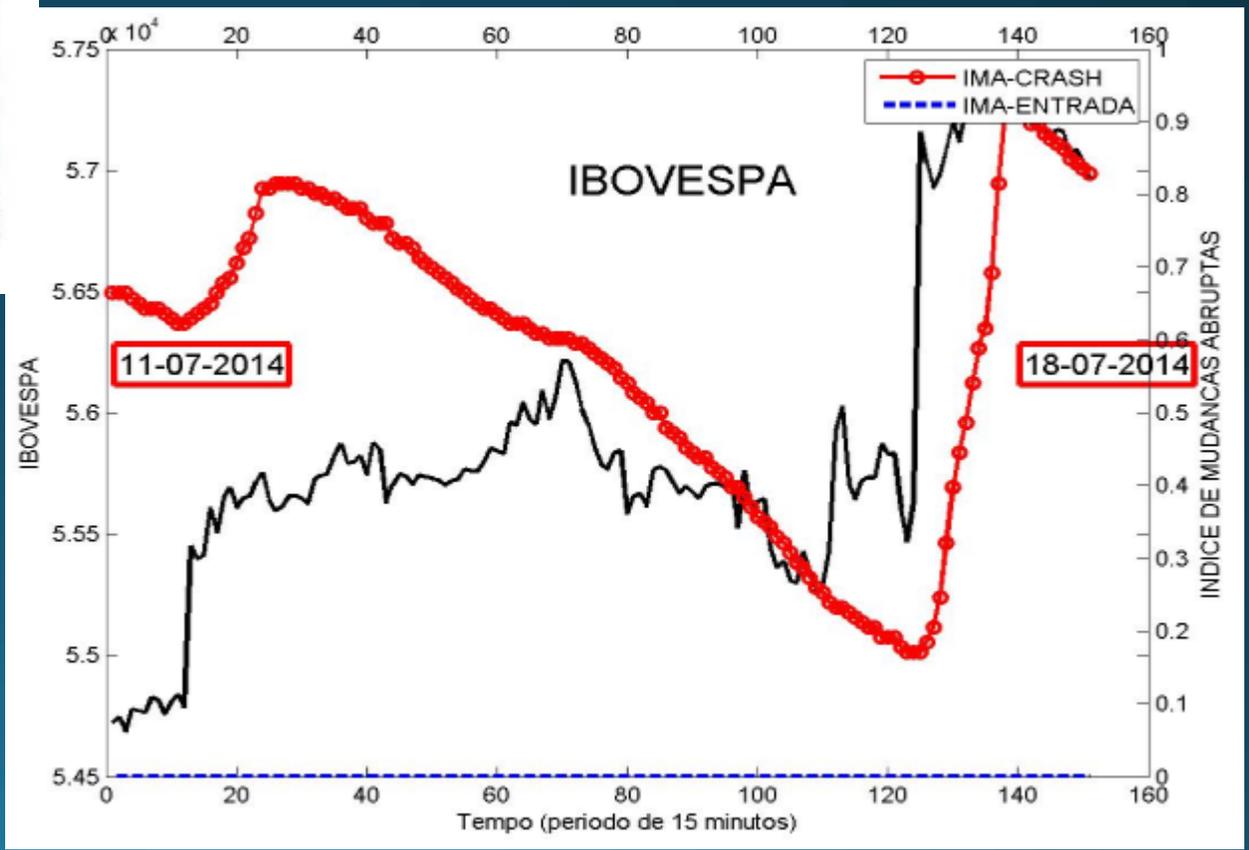
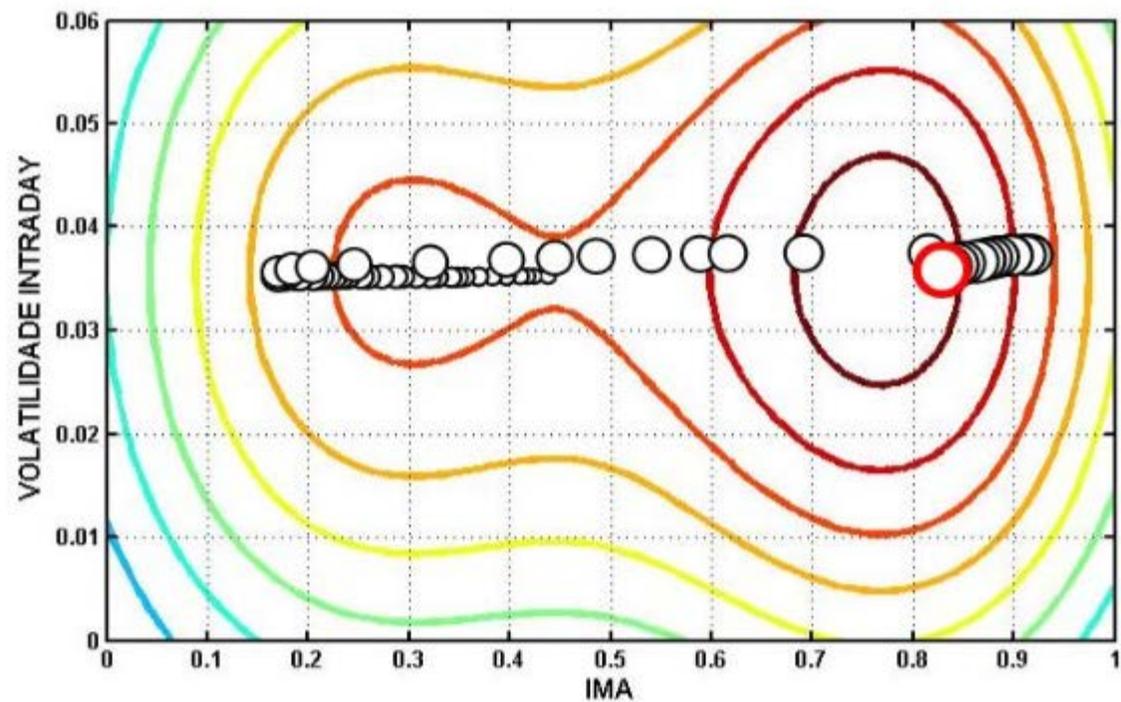


Figura 8.11 – Dados reais do Ibovespa em um dia após o *crash*, com nível de alerta diminuindo.

MAPA RISCO



IMA-Crash diário 14-Maio - 2019

