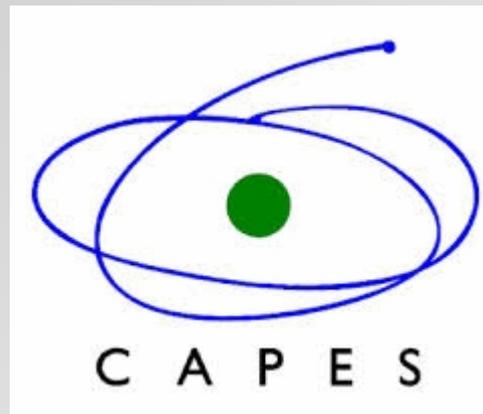


# Análises de dados via quantificadores de recorrência.

Sergio Roberto Lopes, Paulo Paneque Galuzio,  
Thiago de Lima Prado  
*Universidade Federal do Paraná*  
*Curitiba, Paraná*



# Sumário

- Análise via quantificadores de recorrências de dados provenientes de imagens.
- Análise via quantificadores de recorrência para séries temporais obtidas a partir do comportamento de camundongos em estágios de sono.
- Análise via quantificadores de recorrência para comportamento turbulento intermitente.
- Conclusões.

# Recorrência e quantificadores de recorrência

- Dado uma série de dados
- Uma matriz de recorrência é obtida da condição:

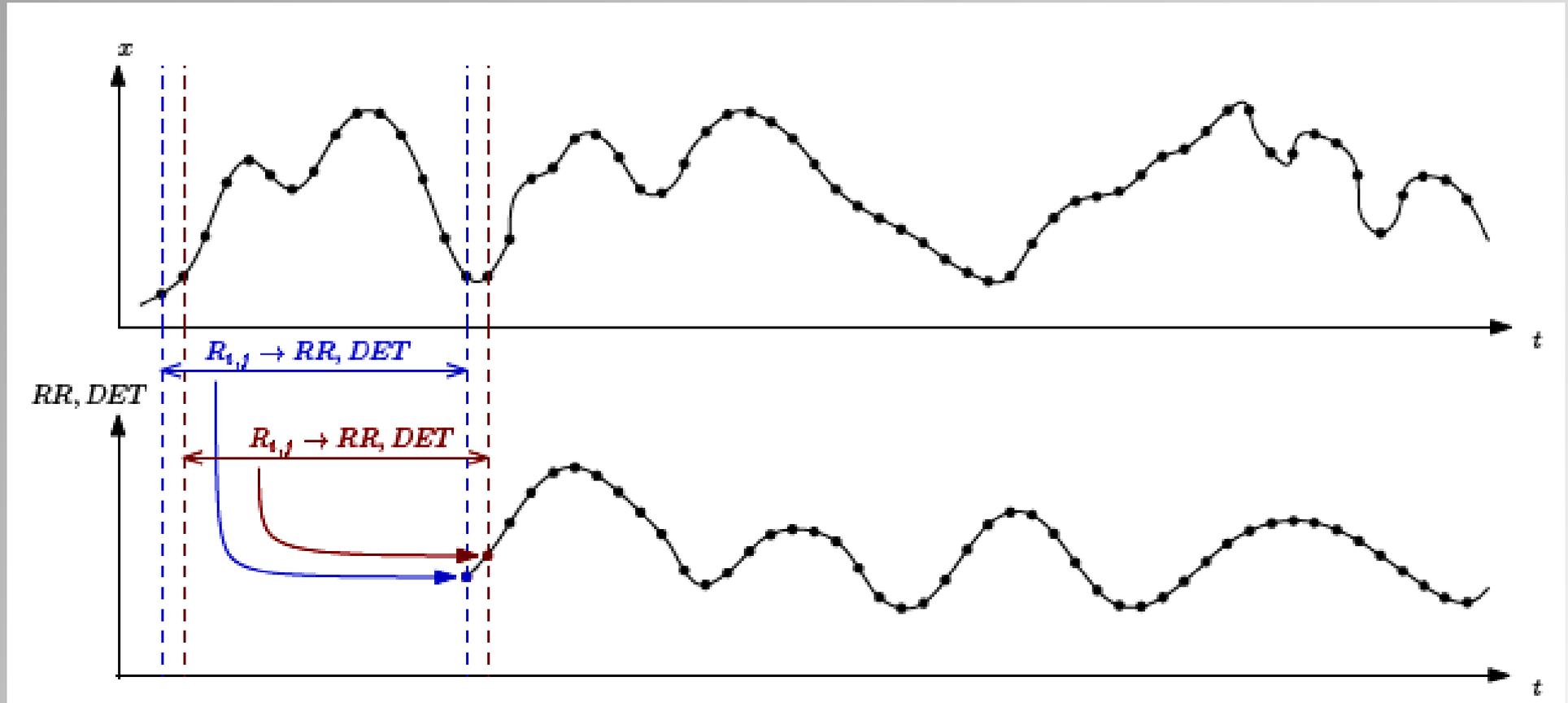
$$R_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{if } x_i \approx x_j \\ 0 & \text{if } x_i \not\approx x_j \end{cases}$$

- A taxa de recorrência e Determinismo são definidos como

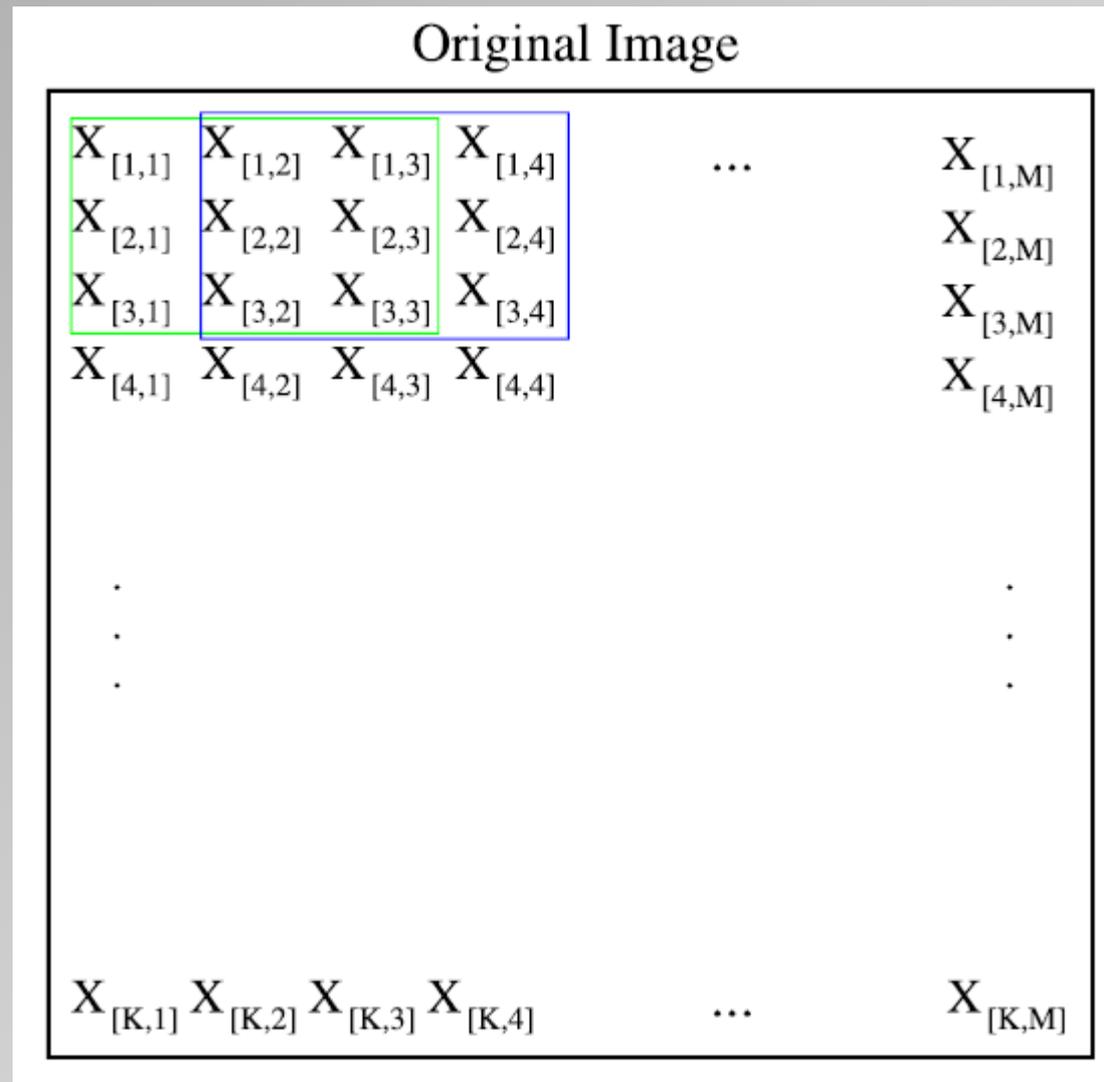
$$RR(\epsilon) = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N R_{i,j}$$

$$DET = \frac{\sum_{\ell=l_{min}}^N \ell P(\ell)}{\sum_{\ell=1}^N \ell P(\ell)}$$

# A análise de séries é feita com janelas móveis



# Para imagens a definições são estendidas para o espaço bi-dimensional



# E geram imagens no espaço de recorrências

Reconstructed Image

|                     |                     |                     |     |                         |
|---------------------|---------------------|---------------------|-----|-------------------------|
| $\rho_{b[1,1]}$     | $\rho_{b[1,2]}$     | $\rho_{b[1,3]}$     | ... | $\rho_{b[1,(M-N)]}$     |
| $\rho_{b[2,1]}$     | $\rho_{b[2,2]}$     | $\rho_{b[2,3]}$     |     | $\rho_{b[2,(M-N)]}$     |
| ⋮                   |                     |                     |     | ⋮                       |
| $\rho_{b[(K-N),1]}$ | $\rho_{b[(K-N),2]}$ | $\rho_{b[(K-N),3]}$ | ... | $\rho_{b[(K-N),(M-N)]}$ |

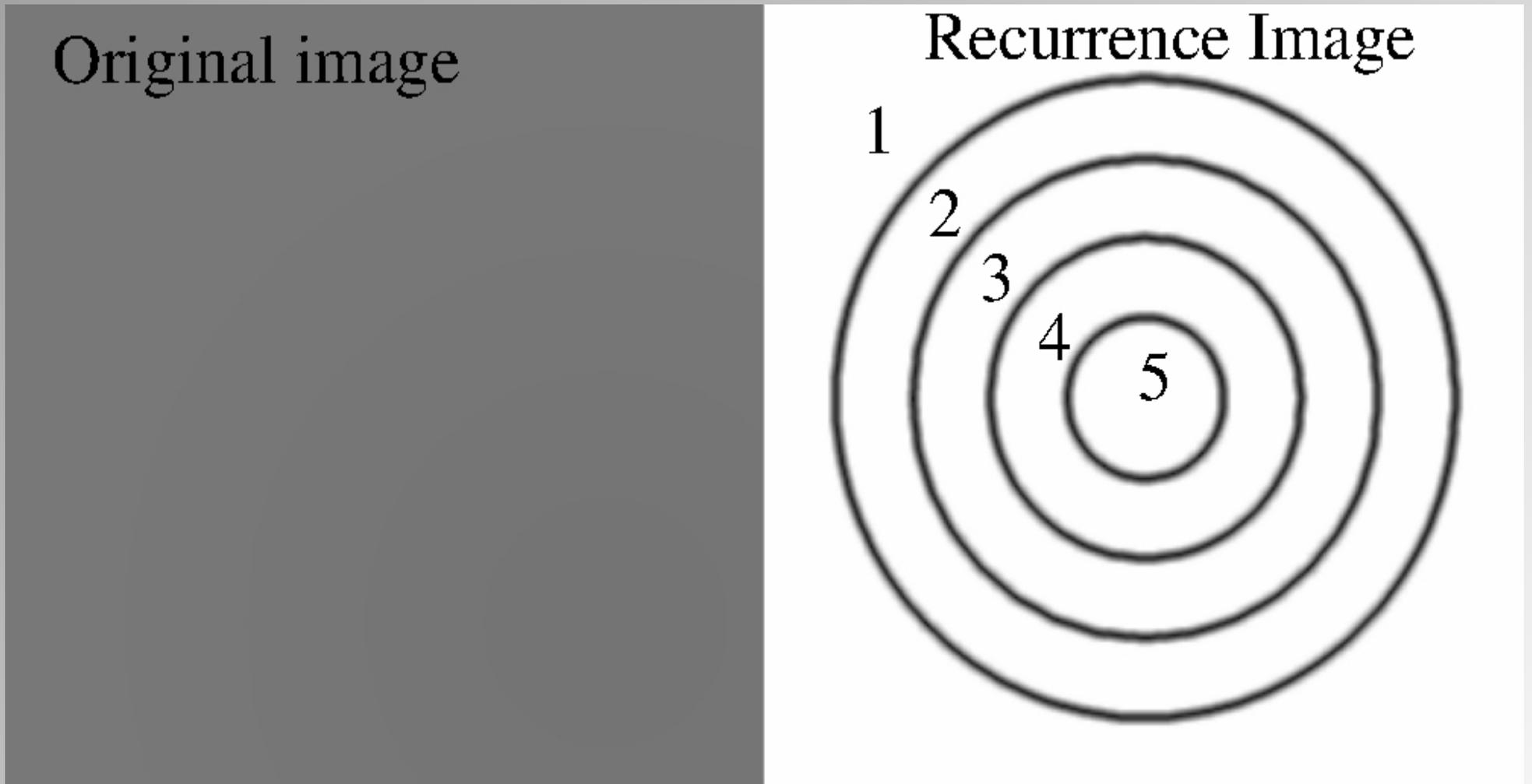
# Sumário

- **Análise via quantificadores de recorrências de dados provenientes de imagens.**
- Análise via quantificadores de recorrência para séries temporais obtidas a partir do comportamento de camundongos em estágios de sono.
- Análise via quantificadores de recorrência para comportamento turbulento intermitente.
- Conclusões.

# Análise de imagens

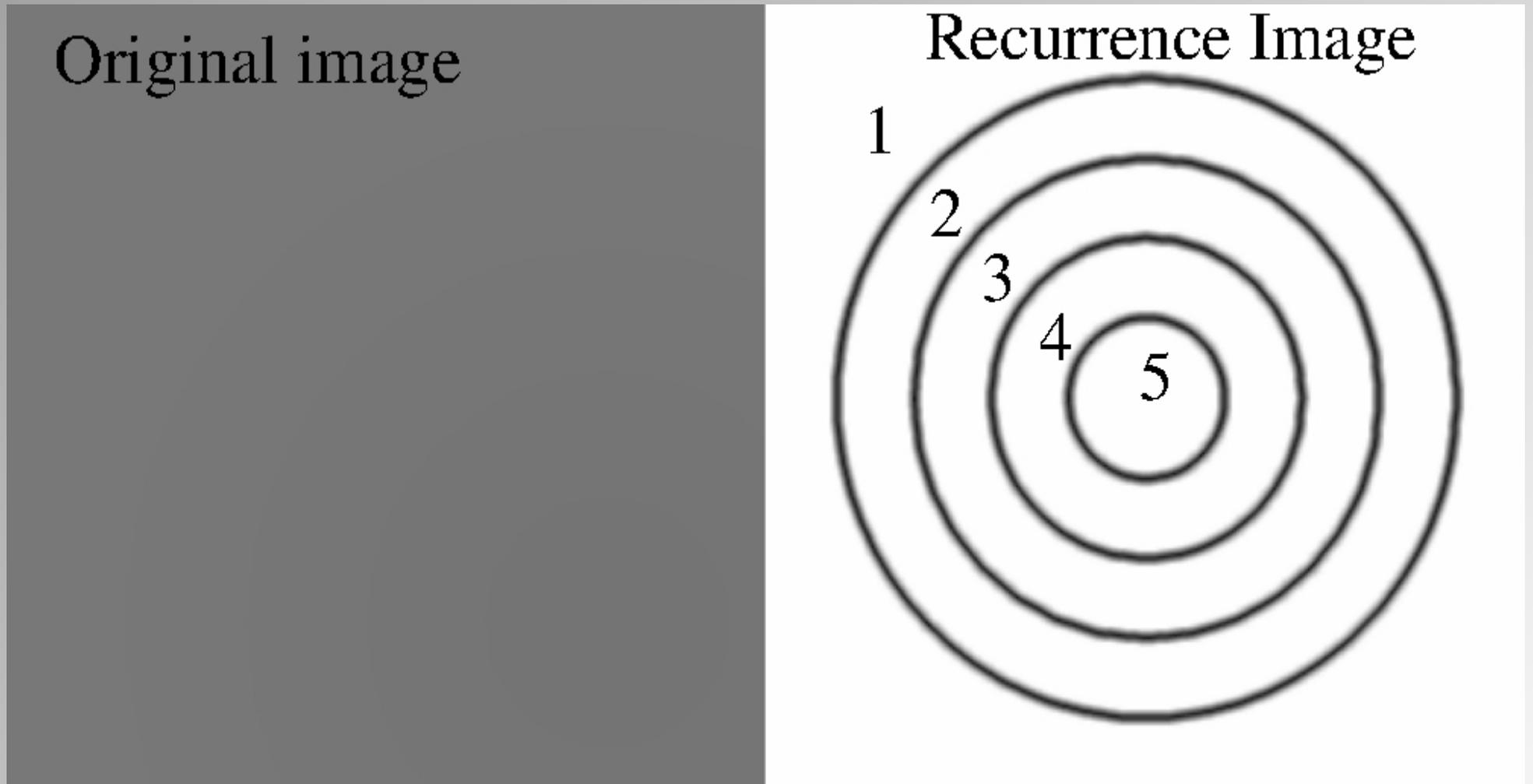
- Objetivo: Magnificar pequenas diferenças em imagens.
- Principal característica do método: Transformar a imagem para o espaço de recorrência, onde a sensibilidade a pequenas alterações nos pixels da imagem podem ser adequadamente selecionada.
- Aplicações em potenciais diagnósticos nas mais variadas áreas de conhecimento.

# O método em ação



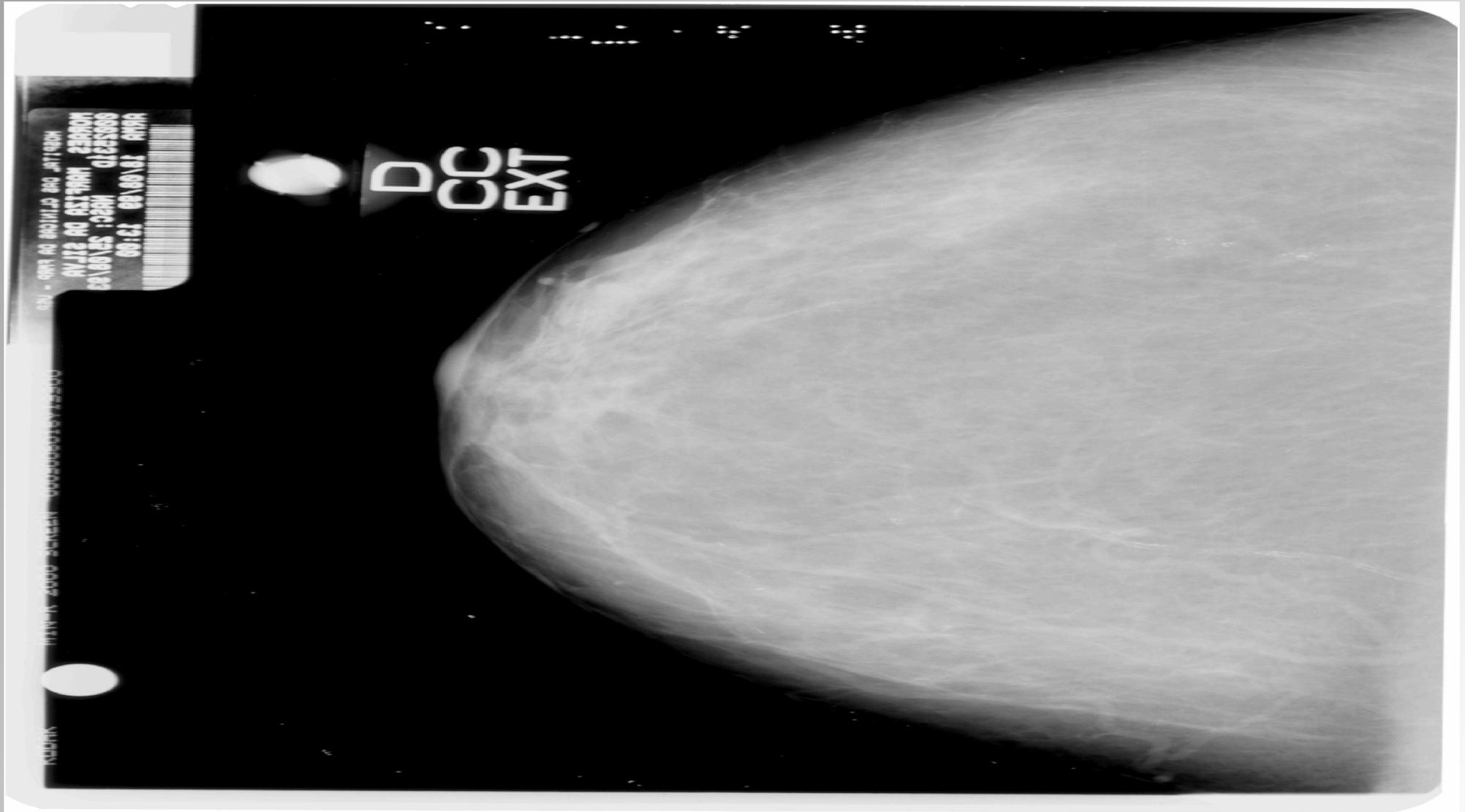
Os números 1-5 representam áreas coloridas com 5 tons sucessivos de cinza (escala RGB) na figura original. Do lado direito a mesma figura no espaço de recorrências

# O método em ação

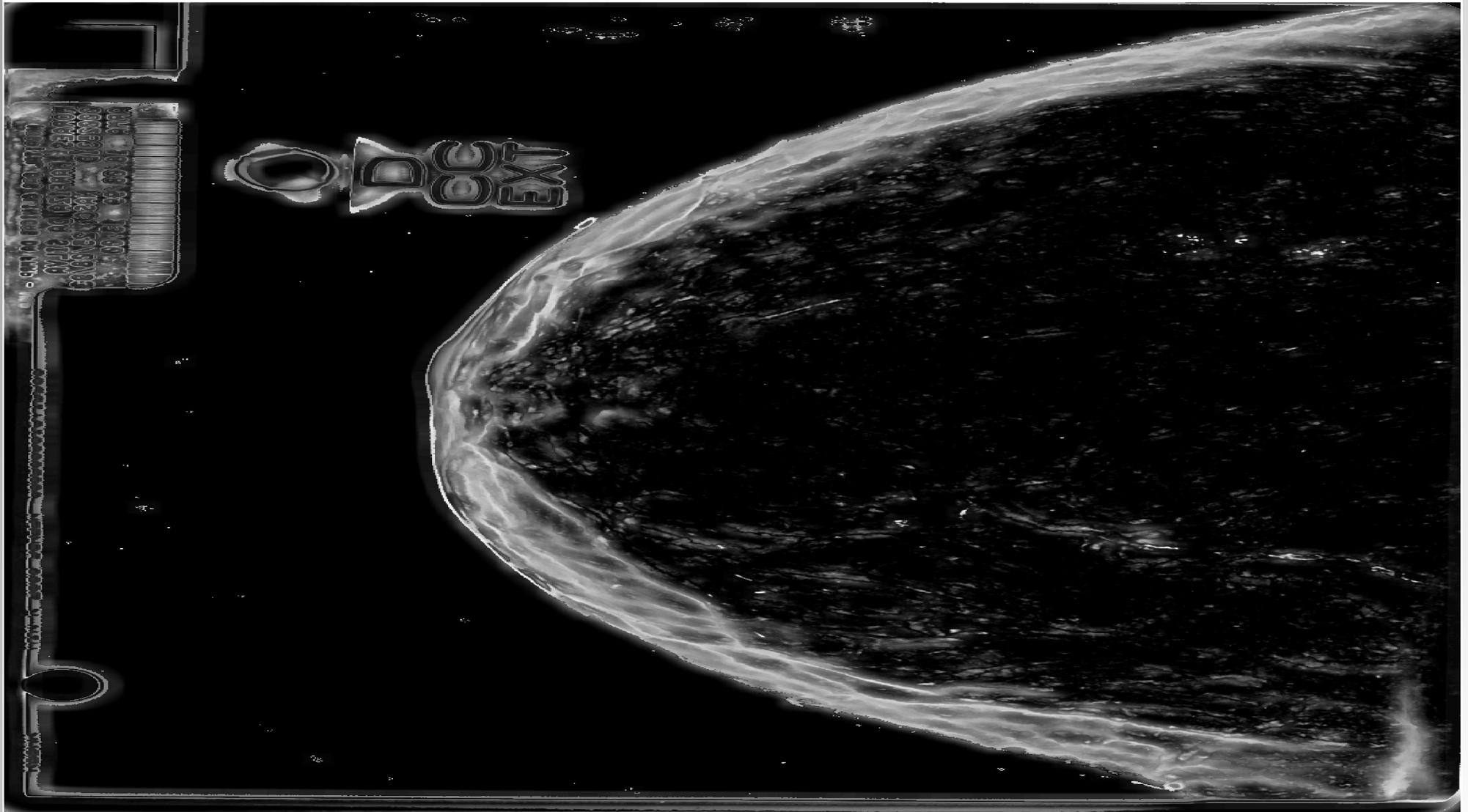


No espaço real as fronteiras não são bem observadas; No espaço de recorrências somente as fronteiras são observadas.

# Aplicações para imagens mamográficas



# Reconstrução no espaço de recorrências



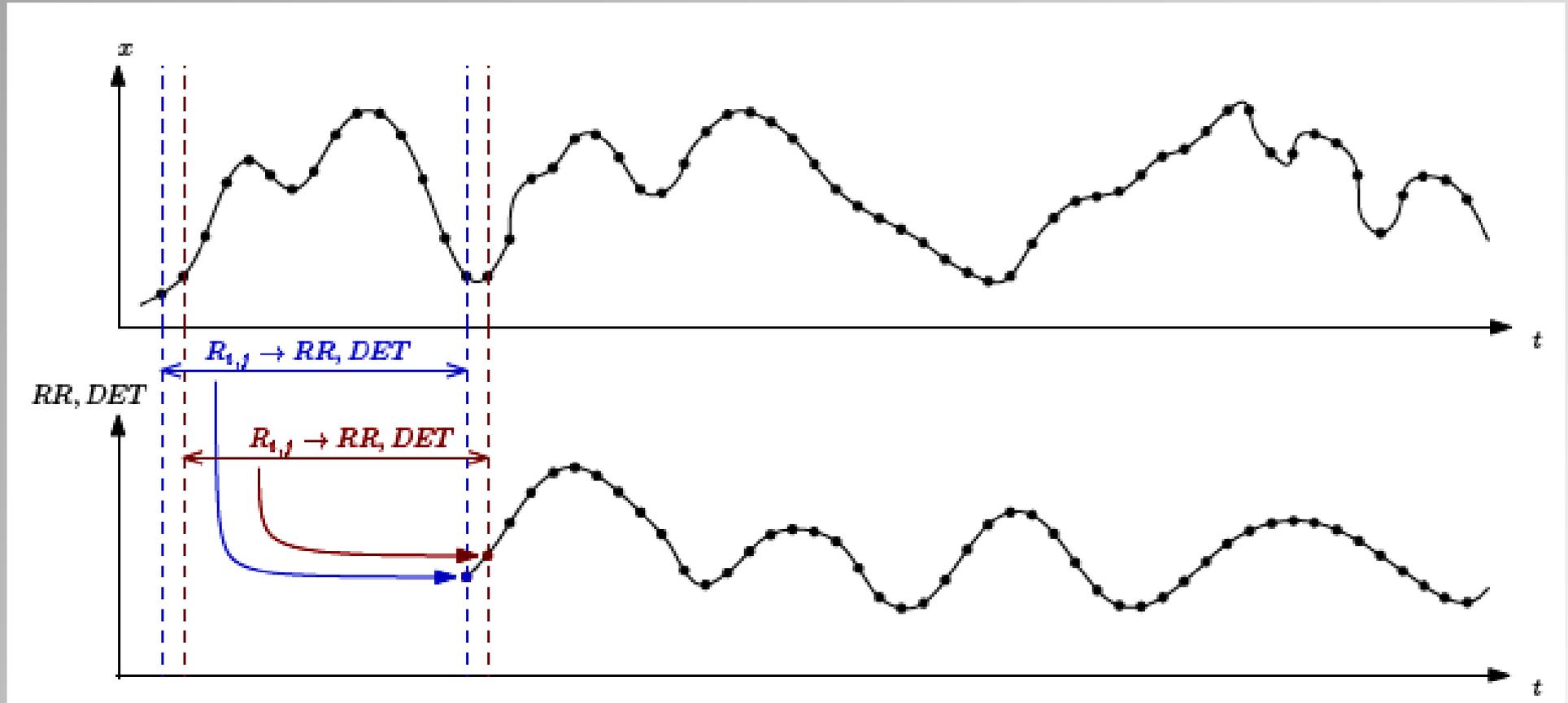
# Sumário

- Análise via quantificadores de recorrências de dados provenientes de imagens.
- Análise via quantificadores de recorrência para séries temporais obtidas a partir do comportamento de camundongos em estágios de sono.
- Análise via quantificadores de recorrência para comportamento turbulento intermitente.
- Conclusões.

# Análise de estágios de sono de mamíferos

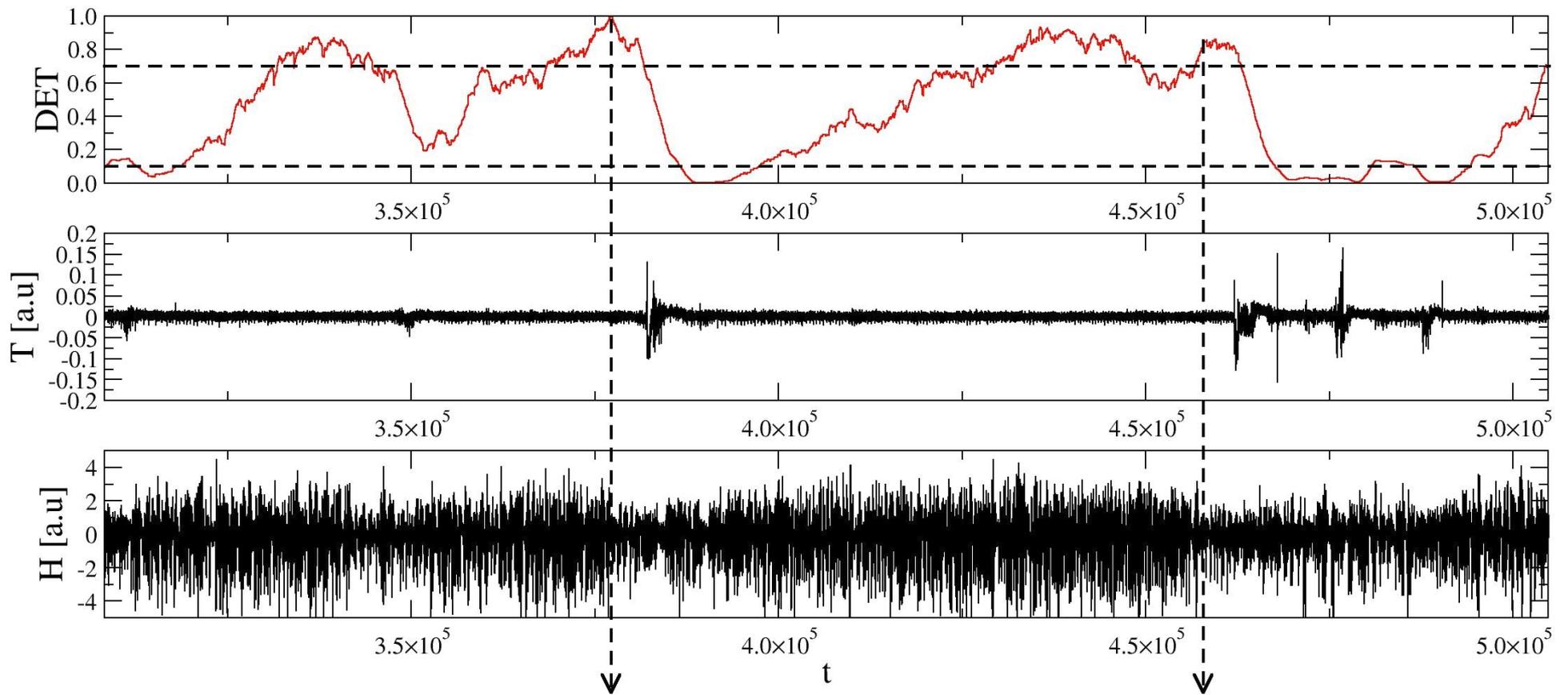
- Utilização de dados obtidos através de quantificadores de recorrência para análise de séries temporais obtidas dos estágios de sono de camundongos.
- Detecção de micro acordar.
- Previsão de micro acordar através de dados obtidos por sensores não invasivos.

# A análise de séries é feita com janelas móveis



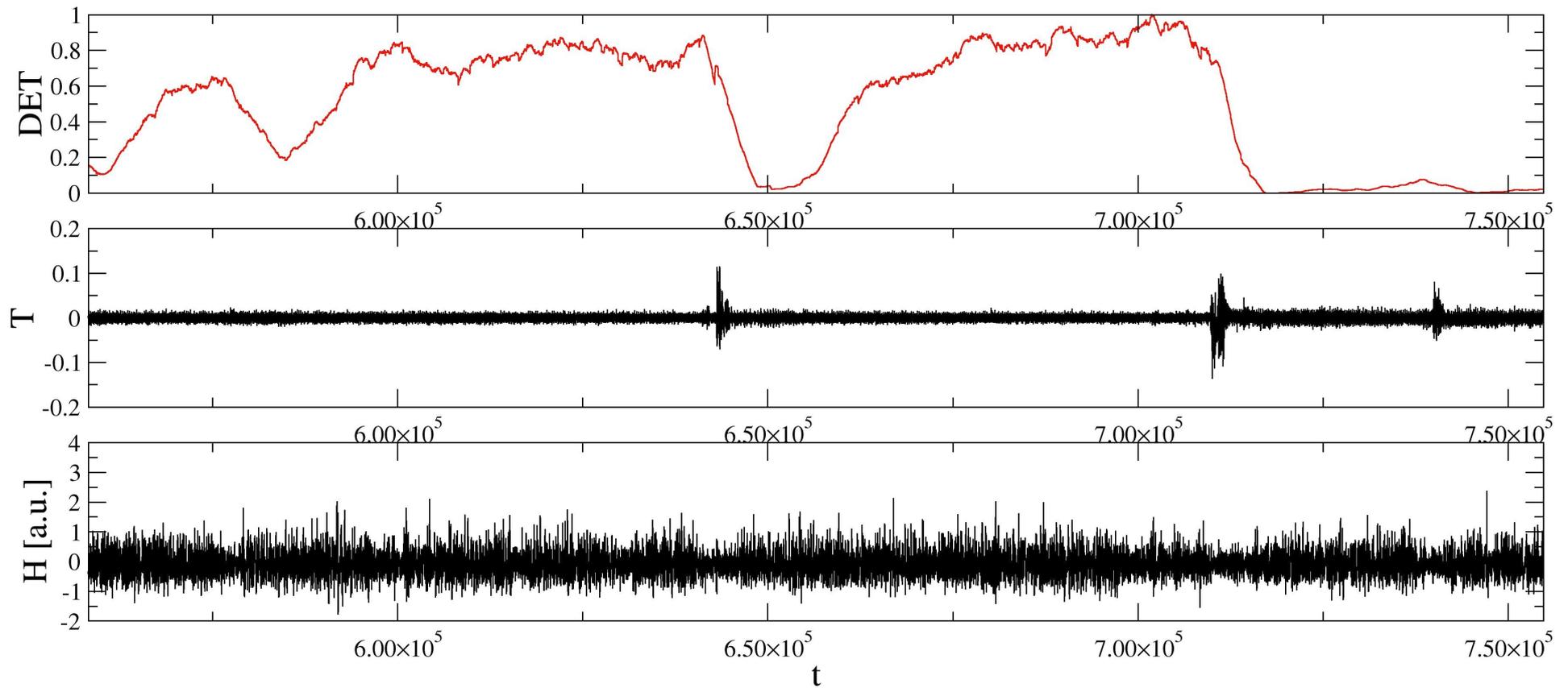
# Camundongo 1

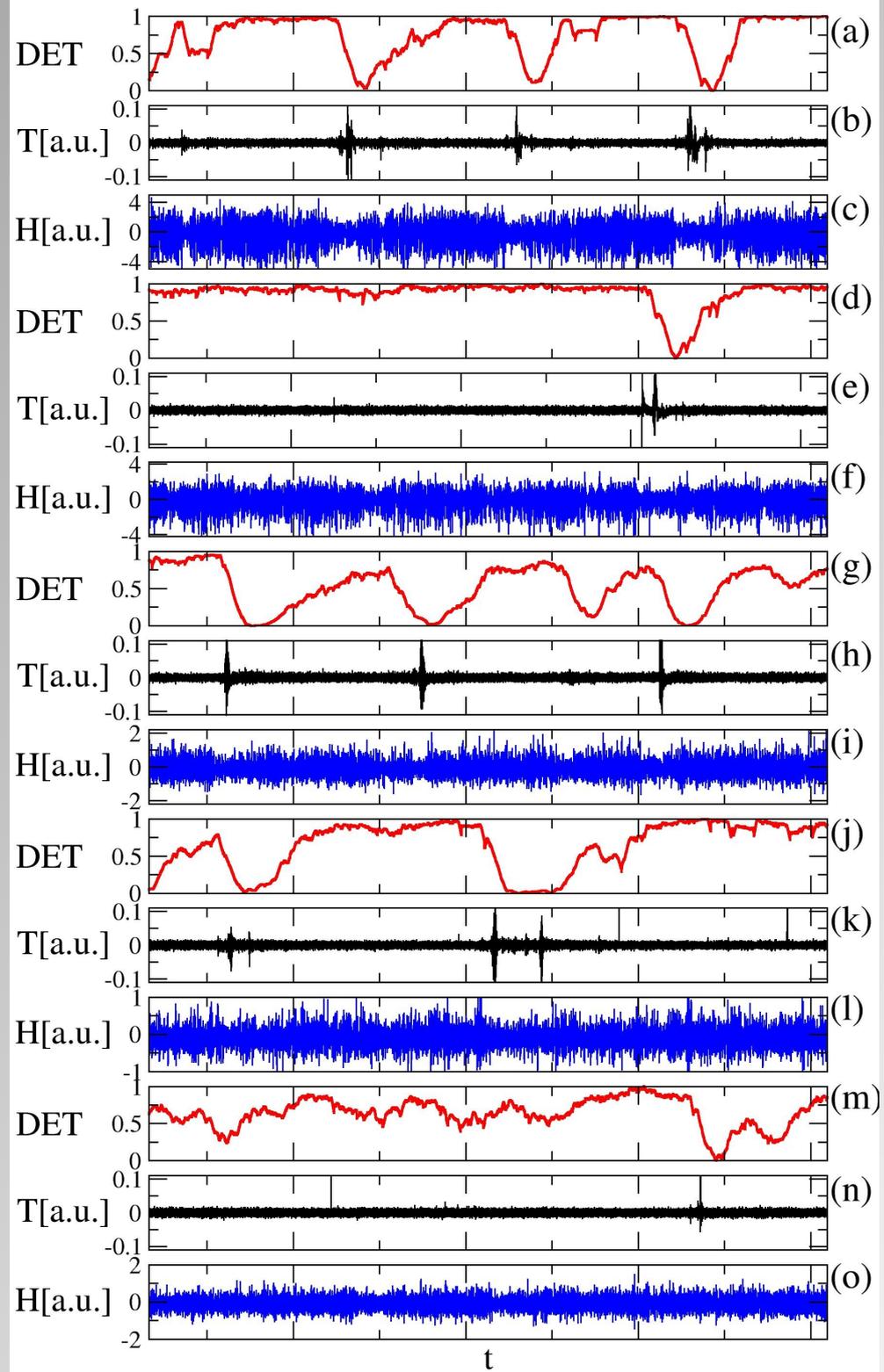
Mouse (D1026-3) 300000-504800



# Camundongo 2

Mouse (F1023-4) 550000-754800

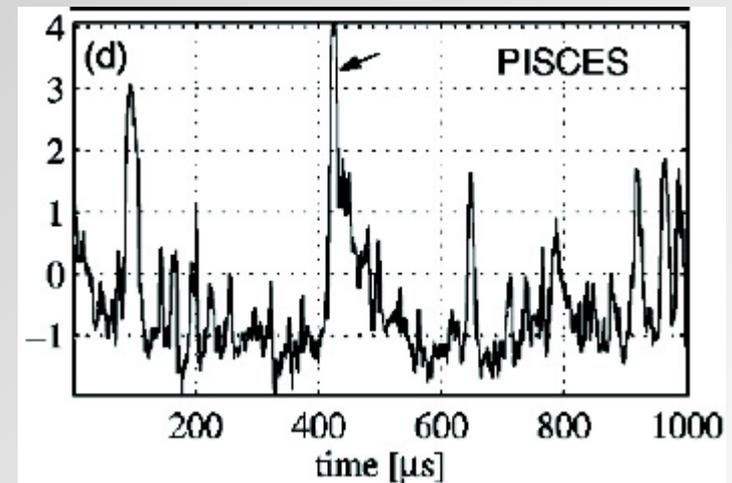
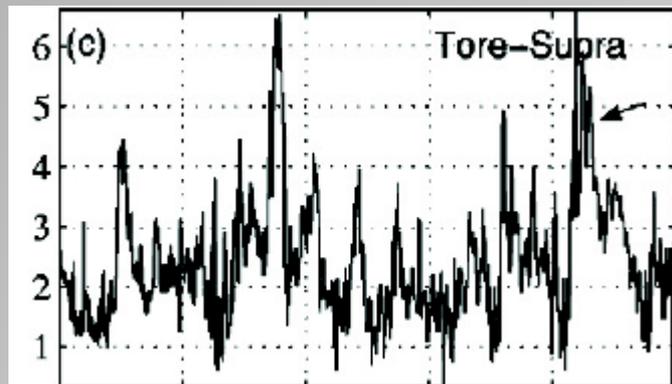
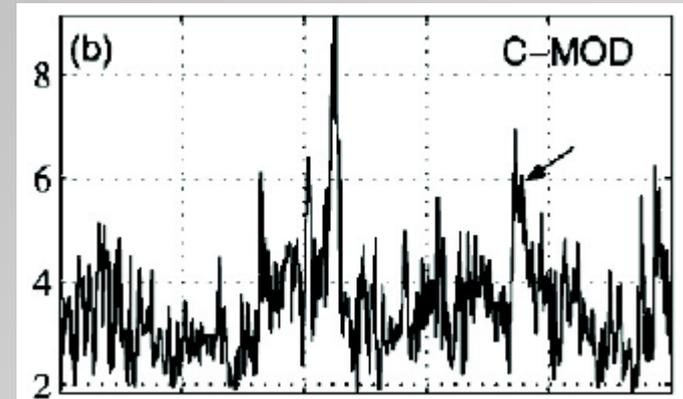
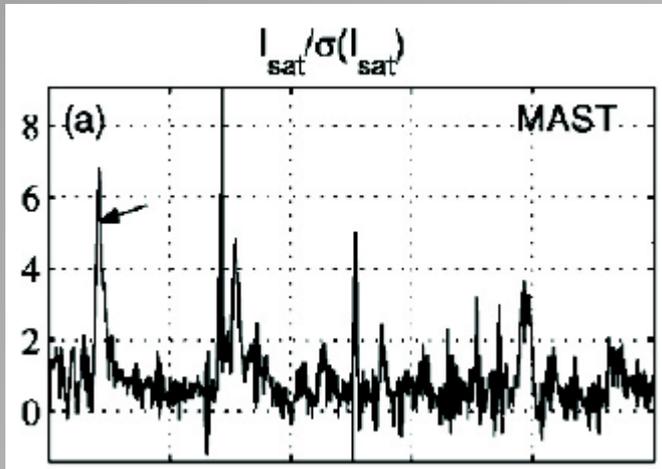


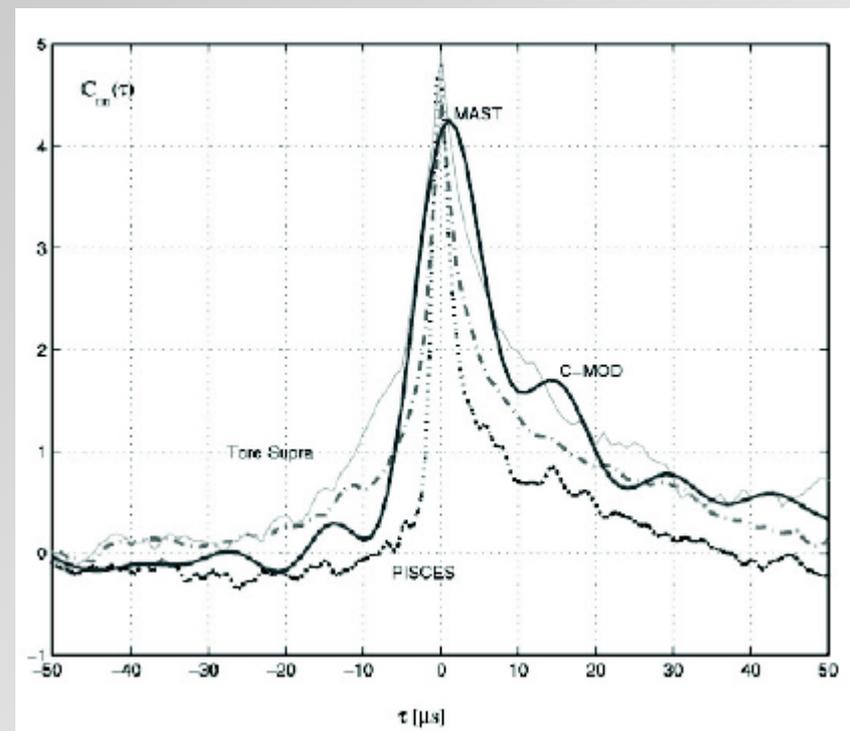
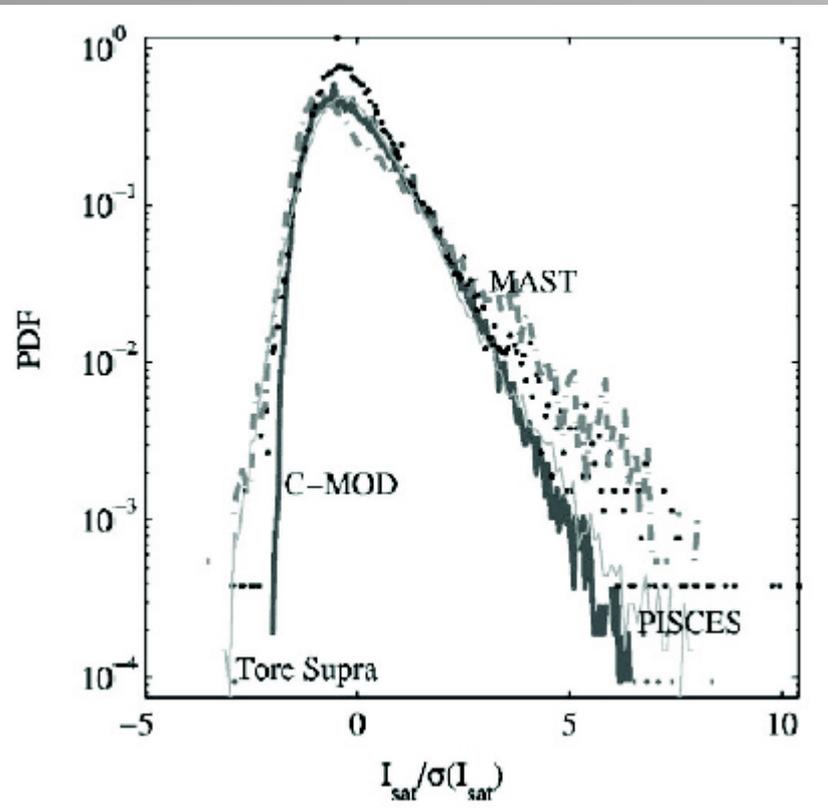


# Sumário

- Análise via quantificadores de recorrências de dados provenientes de imagens.
- Análise via quantificadores de recorrência para séries temporais obtidas a partir do comportamento de camundongos em estágios de sono.
- **Análise via quantificadores de recorrência para comportamento turbulento intermitente.**
- Conclusões.

# Turbulência intermitente – O cenário





Um modelo para as emissões  
A equação de Schrödinger não  
linear

$$i\Psi_t + \Psi_{xx} + g|\Psi|^2\Psi = 0$$

$$i\Psi_t + \Psi_{xx} + g|\Psi|^2\Psi = \epsilon e^{-i\Omega^2 t} - i\gamma\Psi$$

$$\psi = \Psi e^{i\Omega^2 t}$$

$$i\psi_t + \psi_{xx} + (g|\psi|^2 - \Omega^2)\psi = \epsilon - i\gamma\psi$$

# Quantificadores do comportamento do sistema

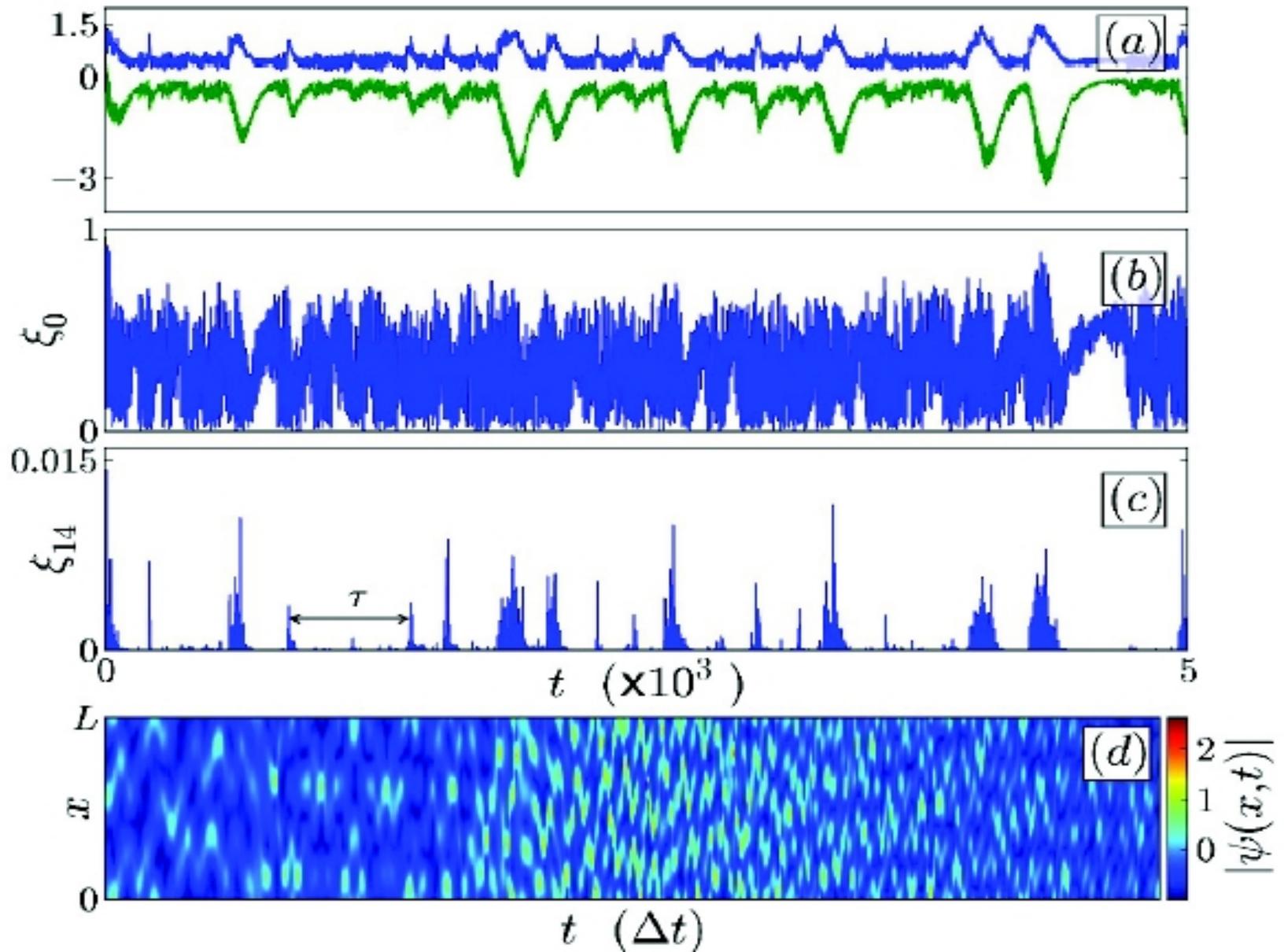
$$M = \frac{1}{L} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} |\psi|^2 dx$$

Dados plotados em azul nas figuras a seguir

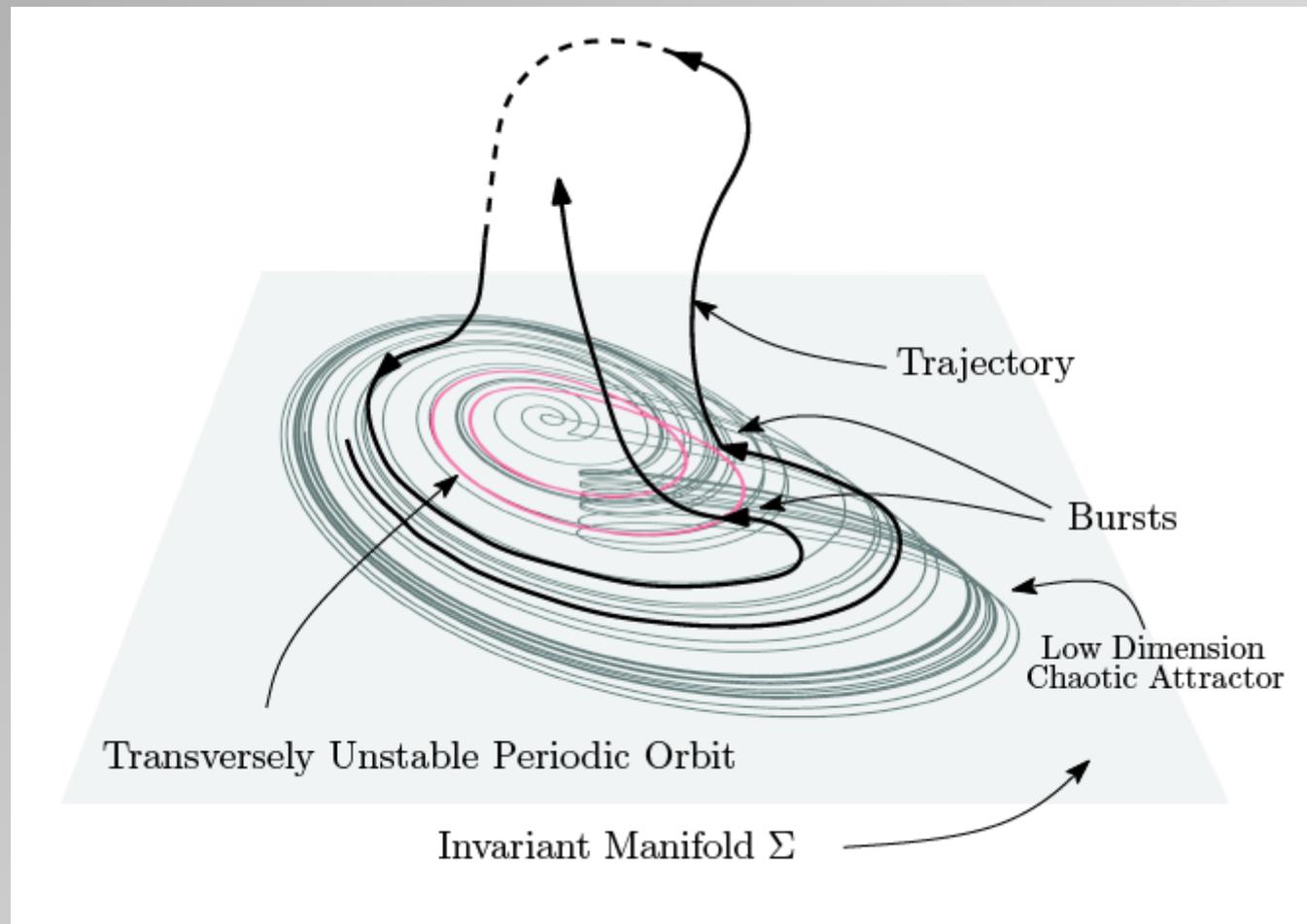
$$H = \frac{1}{L} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \left( - \left| \frac{\partial \phi}{\partial x} \right|^2 + \frac{g}{2} |\psi|^4 - \Omega^2 |\psi|^2 \right)$$

Dados plotados em verde nas figuras a seguir

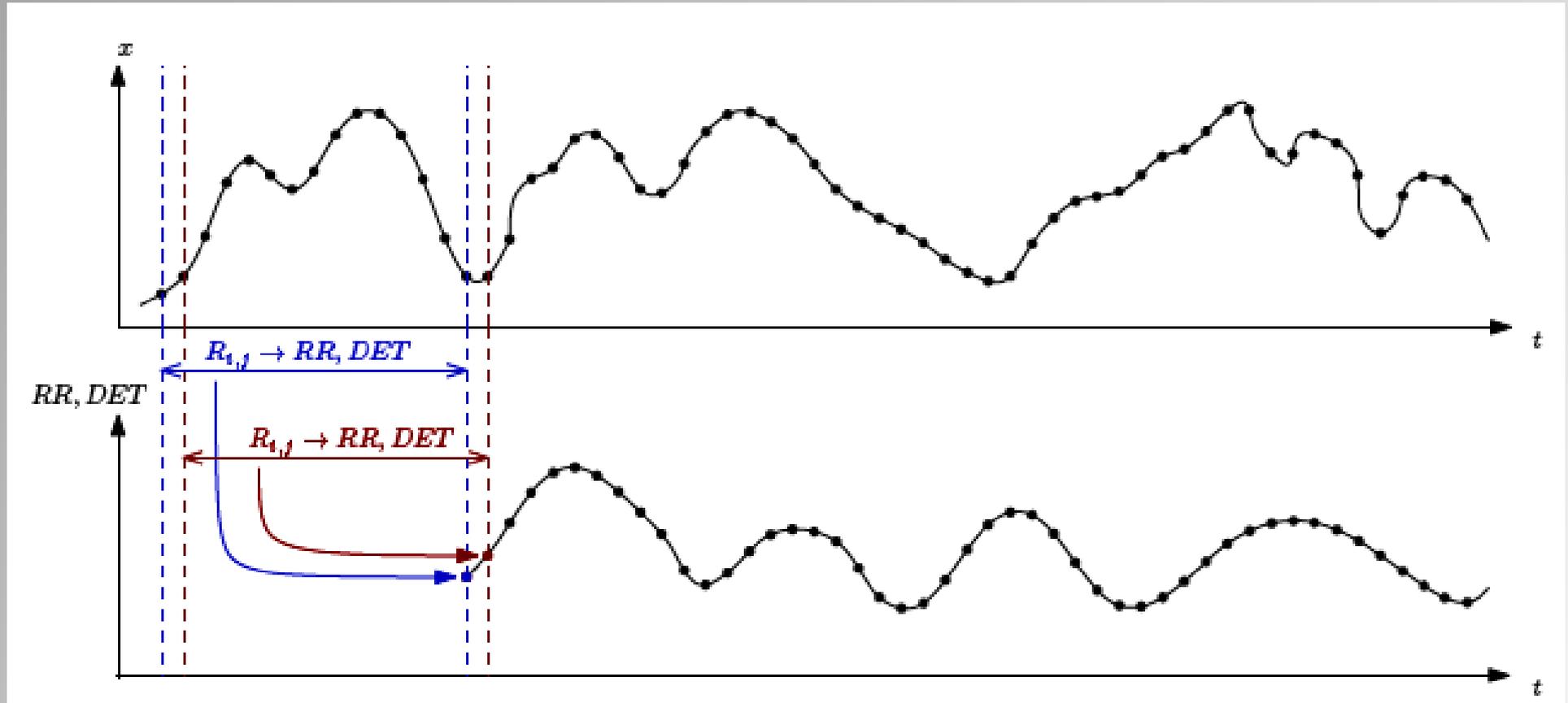
# Exemplos do comportamento do sistema



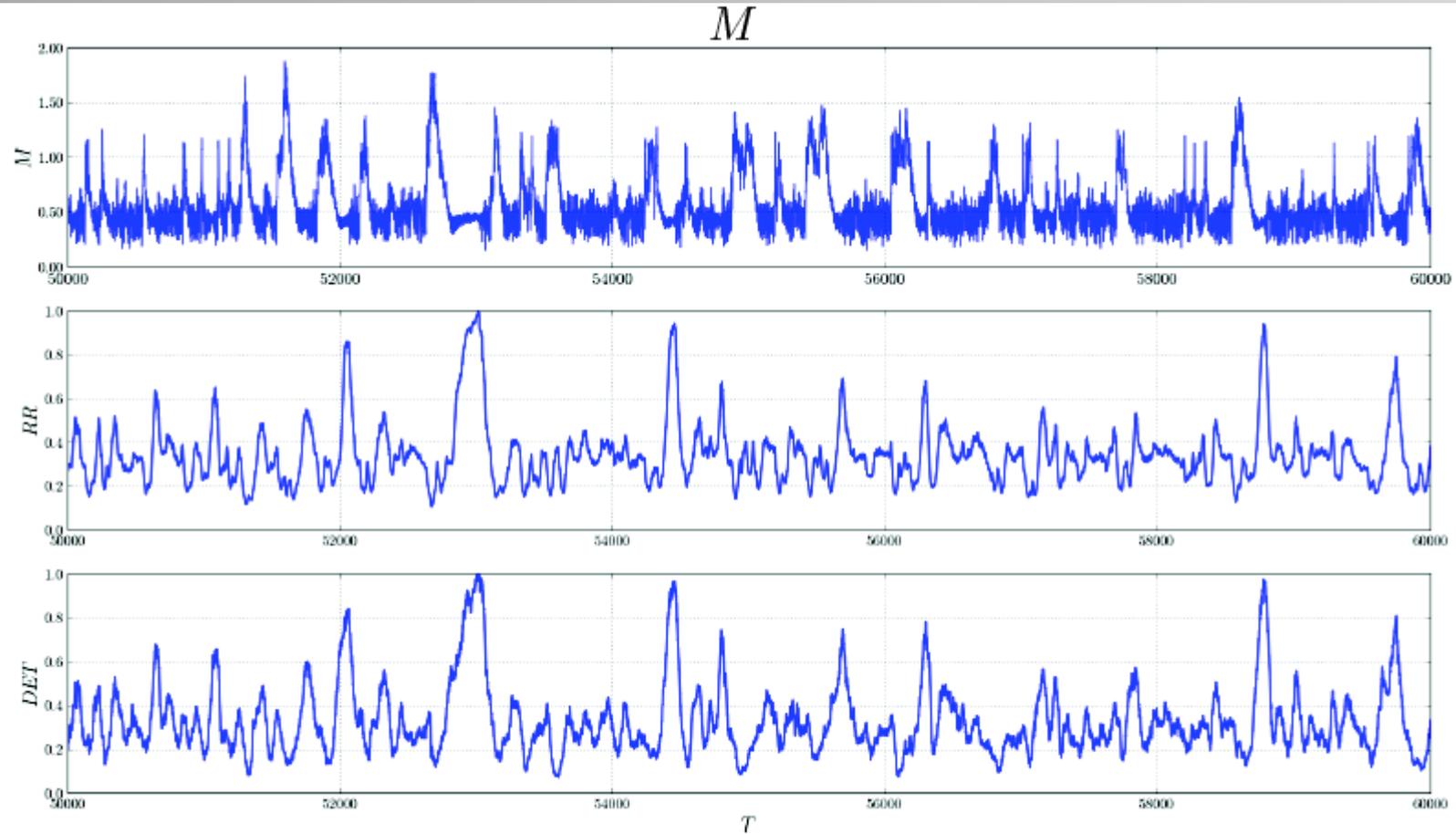
# O comportamento dinâmico do sistema – on-off intermittency



# A análise de séries é feita com janelas móveis

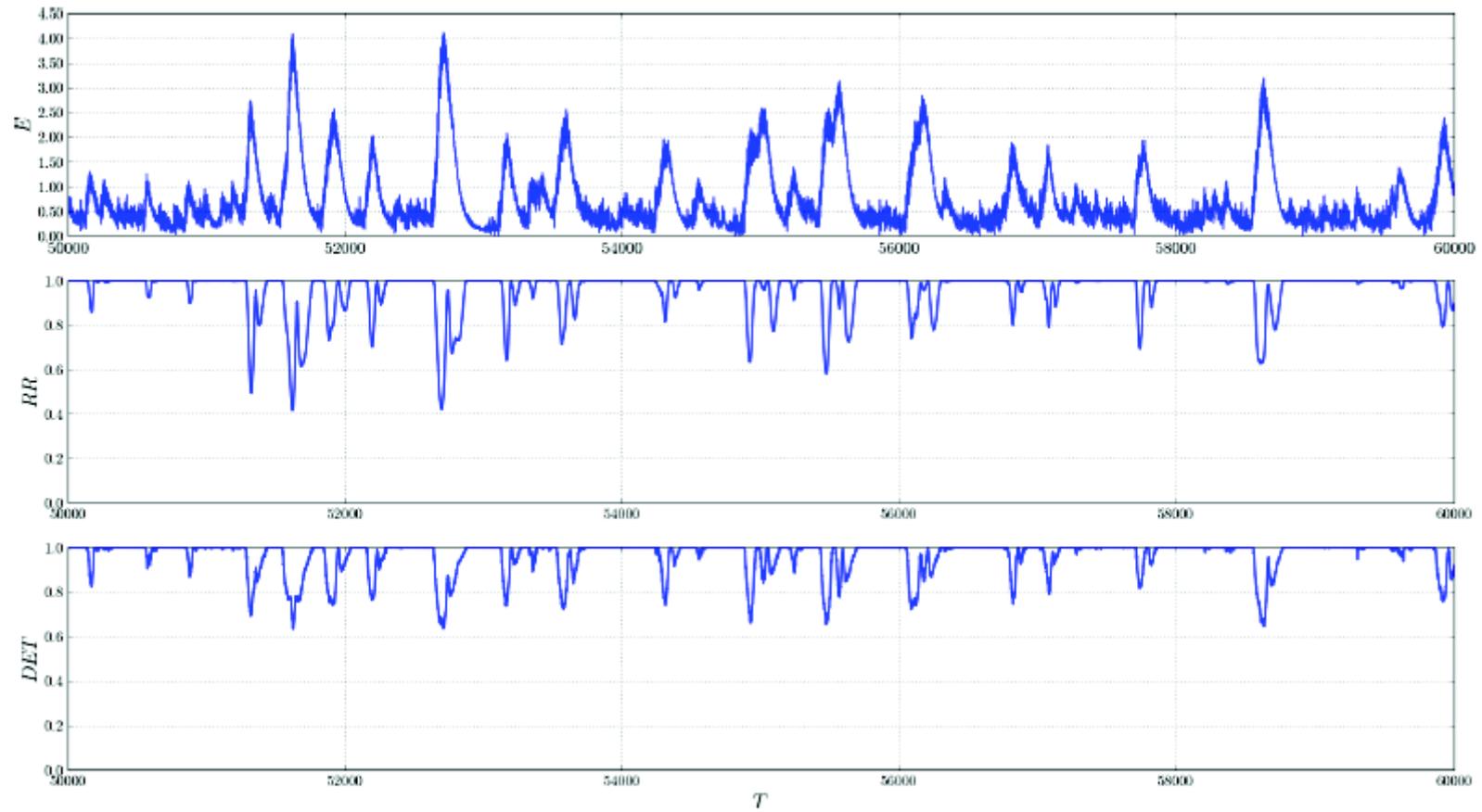


# A análise via recorrências



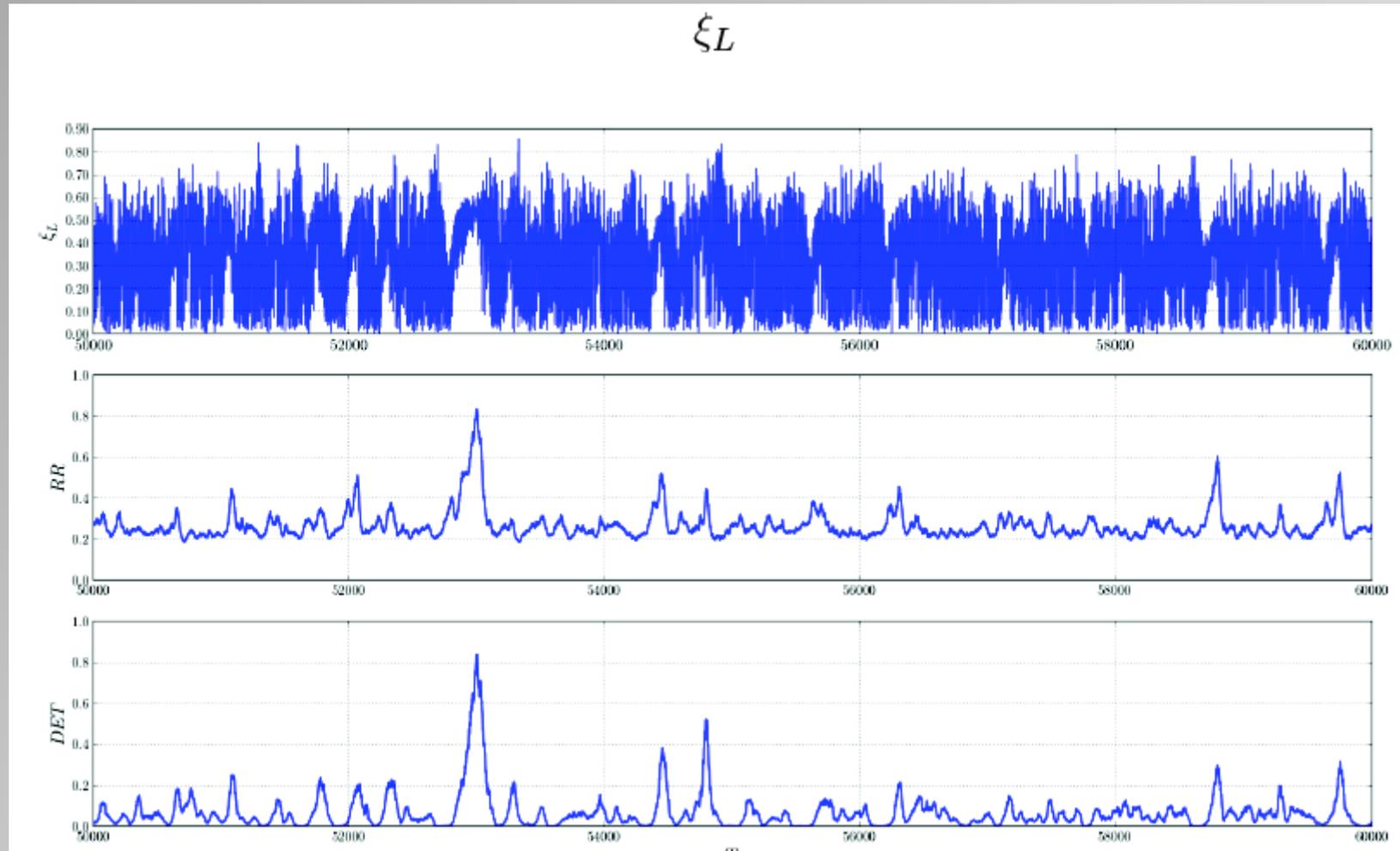
$N = 500$  ( $\sim 50t.u.$ ),  $l_{min} = 25$ ,  $\epsilon \sim 10\%$  of the regular turbulent fluctuation amplitude.

$E$

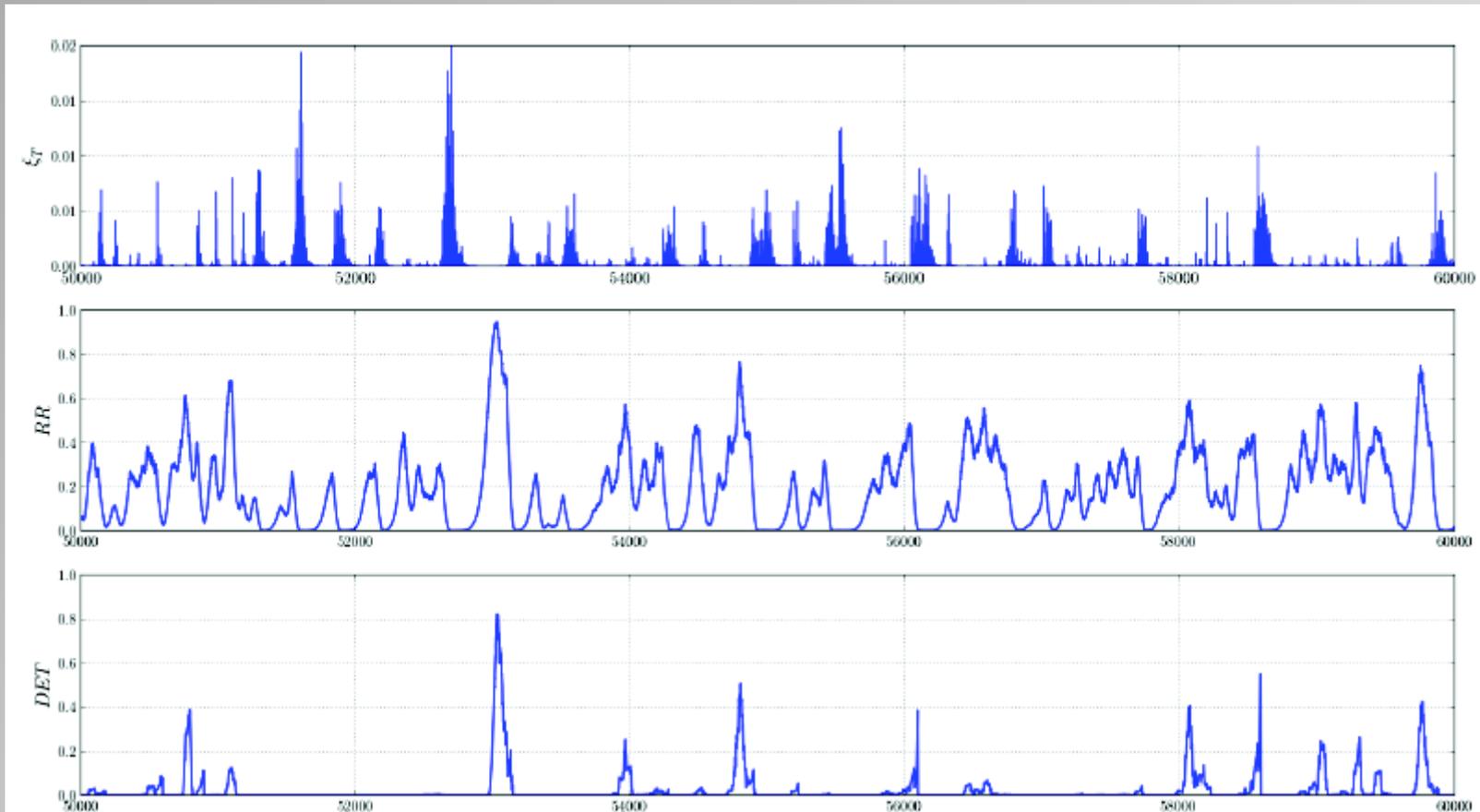


$N = 500$  ( $\sim 50t.u.$ ),  $l_{min} = 25$ ,  $\epsilon \sim 10\%$  of the regular turbulent fluctuation amplitude.

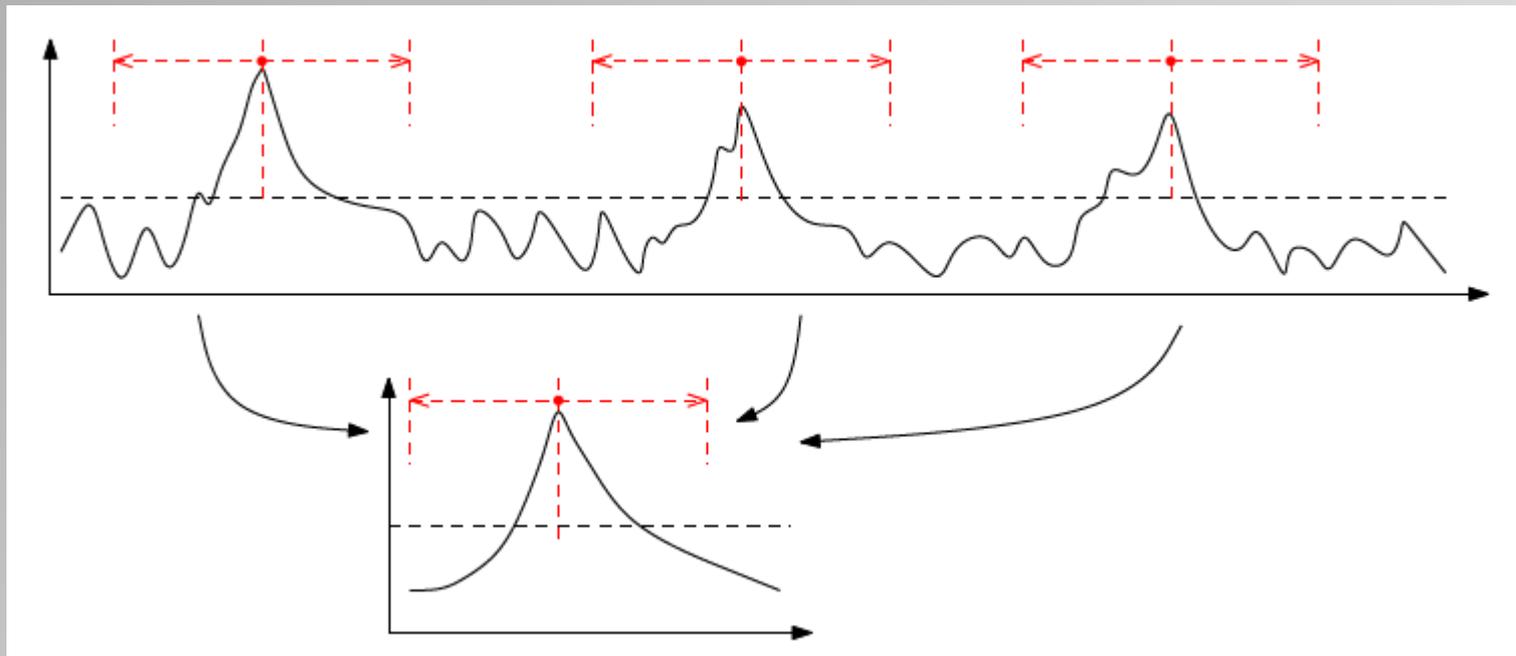
# Dinâmica longitudinal

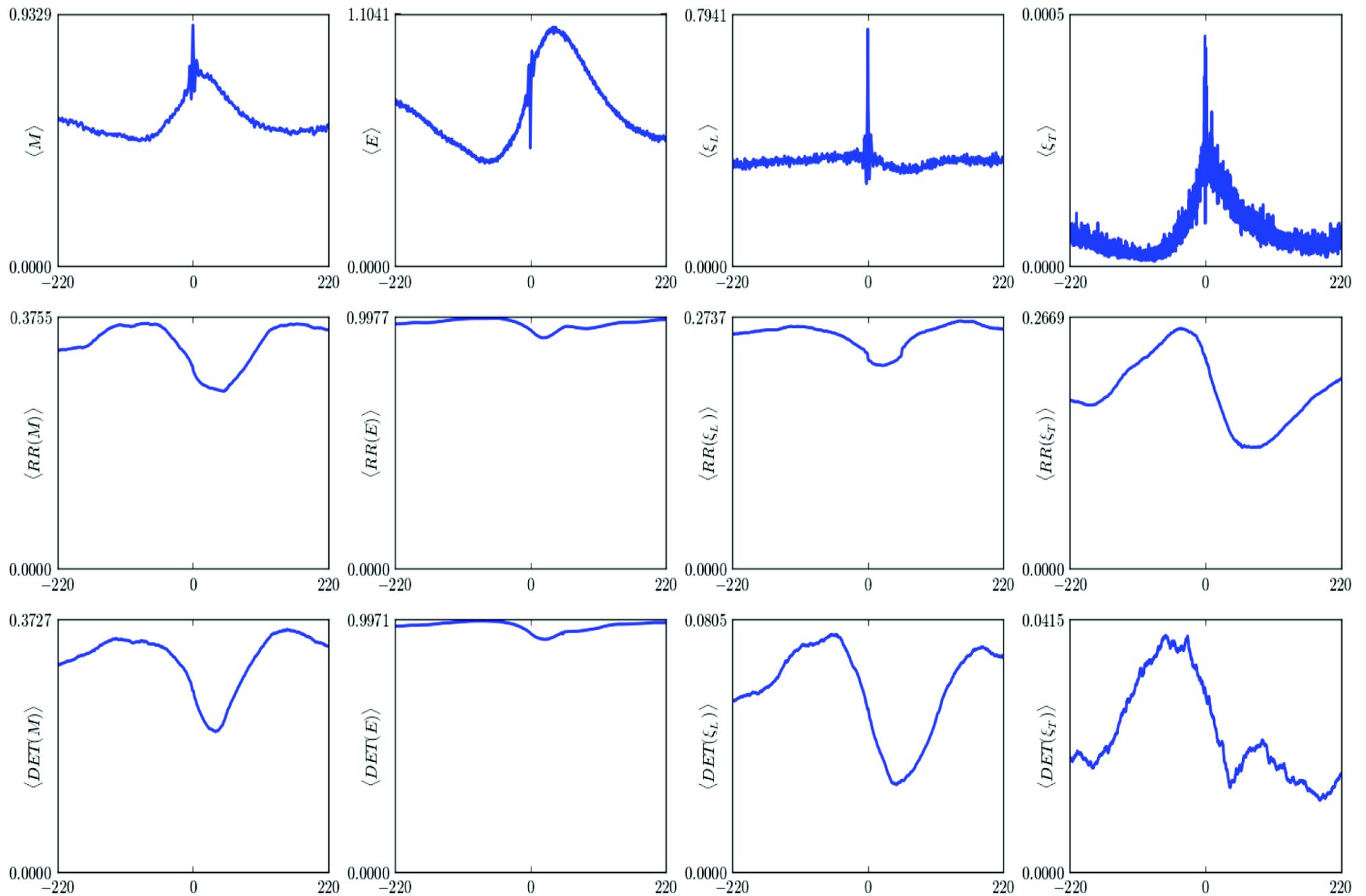


# Dinâmica transversal

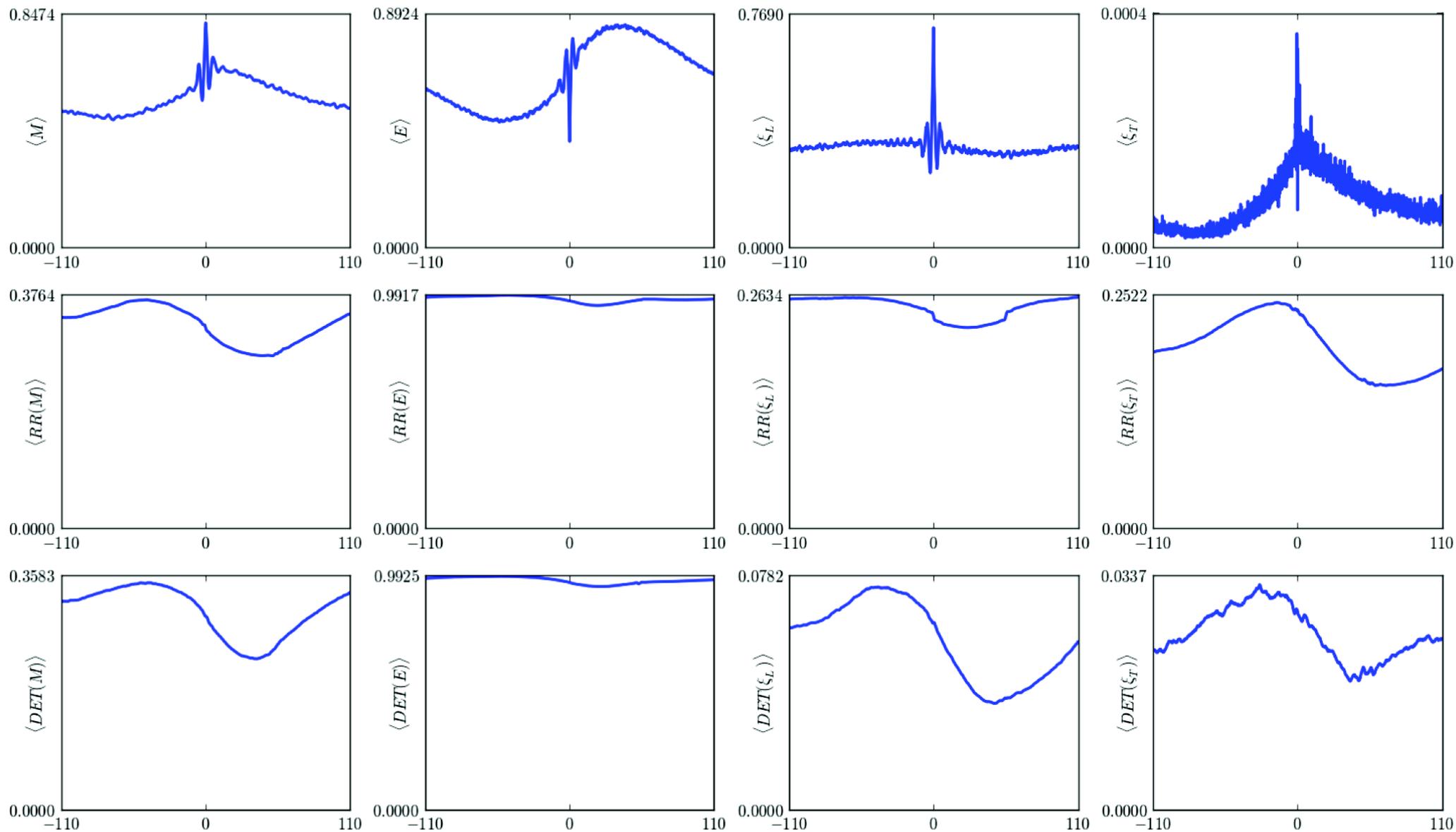


# Médias condicionais





$N = 500$ ,  $l_{min} = 25$ ,  $\epsilon \sim 10\%$  of the regular turbulent fluctuation amplitude.  $\sim 400$  averages.



$N = 500$ ,  $\ell_{min} = 25$ ,  $\epsilon \sim 10\%$  of the regular turbulent fluctuation amplitude.  $\sim 800$  averages.

# Sumário

- Análise via quantificadores de recorrências de dados provenientes de imagens.
- Análise via quantificadores de recorrência para séries temporais obtidas a partir do comportamento de camundongos em estágios de sono.
- Análise via quantificadores de recorrência para comportamento turbulento intermitente.
- **Conclusões.**

# Conclusões

- O estudo de recorrências no espaço de fase apresenta inúmeras aplicações;
- Em particular na física essa análise pode ser uma boa ferramenta de diagnóstico e/ou previsão de eventos;
- Existem inúmeras questões ainda abertas e necessitando explicações;
- O estudo esta, ainda, dando seus primeiros passos.

