



**HAL**  
open science

# Análise Não-linear por Diagramas de Bifurcação de um Coletor de Energia Piezoelétrico Bi-estável

Vinicius Lopes, Americo Cunha Jr

► **To cite this version:**

Vinicius Lopes, Americo Cunha Jr. Análise Não-linear por Diagramas de Bifurcação de um Coletor de Energia Piezoelétrico Bi-estável. Semana do IME 2018, Oct 2018, Rio de Janeiro, Brazil. . hal-01885488

**HAL Id: hal-01885488**

**<https://hal.science/hal-01885488>**

Submitted on 2 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Análise Não-linear por Diagramas de Bifurcação de um Coletor de Energia Piezoelétrico Bi-estável

Vinicius Gonçalves Lopes

vinicius.g.lopes@uerj.br

Americo Barbosa da Cunha Junior

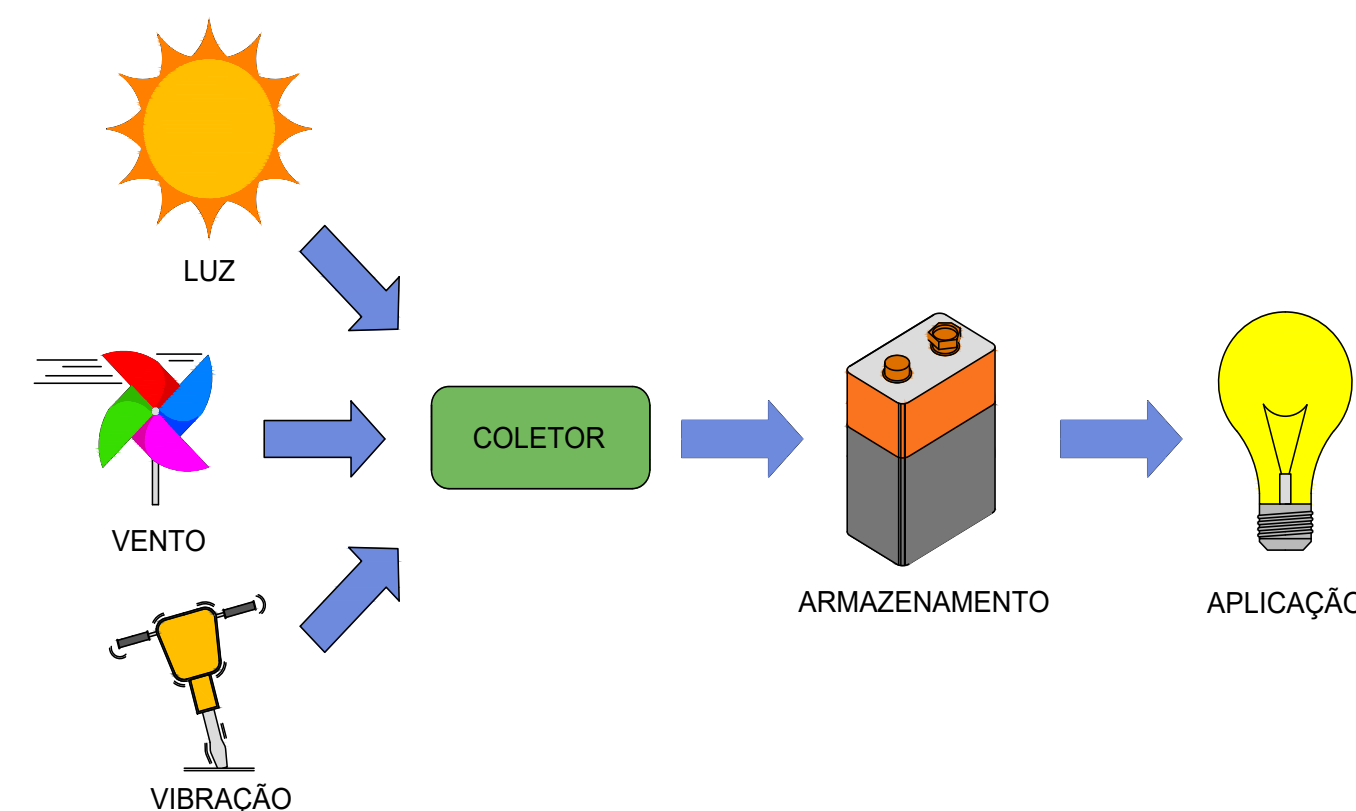
americo@ime.uerj.br

NUMERICO – Núcleo de Modelagem e Experimentação Computacional



## Introdução

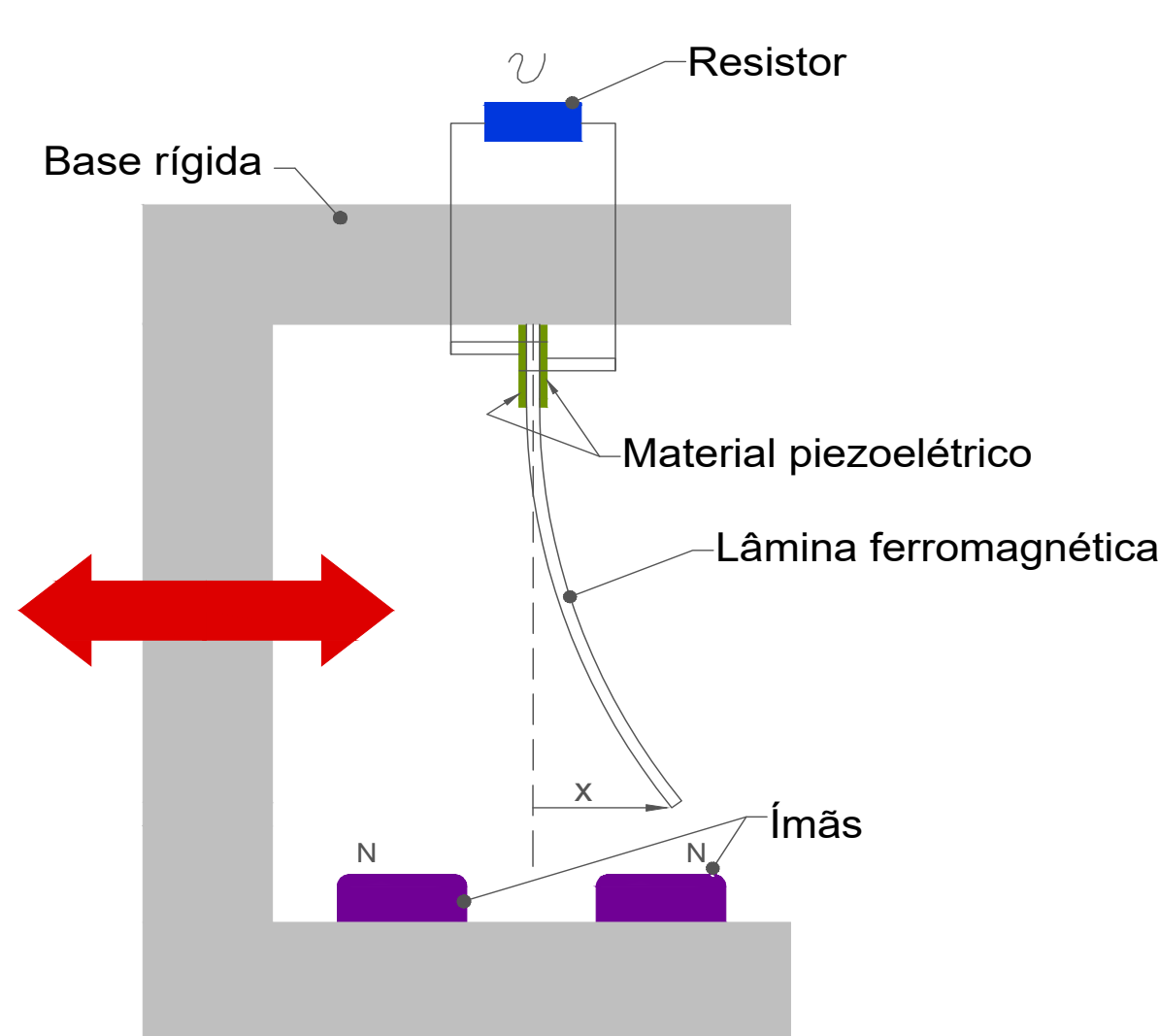
Processos de colheita energética baseam-se na conversão da energia disponível sob formas secundárias, como vibração mecânica. Dispositivos coletores são construídos a partir de materiais com propriedades físico-químicas que favoreçam tais processos, a exemplo do mecanismo piezo-magneto-elástico apresentado. Aplicações promissoras permeiam diversas áreas: medicina, engenharias e telecomunicações.



## Objetivos

- Análise não linear da dinâmica;
- Identificar parâmetros responsáveis por maior incidência de caos na tensão de saída;
- Análise dos efeitos da histerese sobre a dinâmica;
- Investigar formas de onda para a tensão de saída (séries temporais);

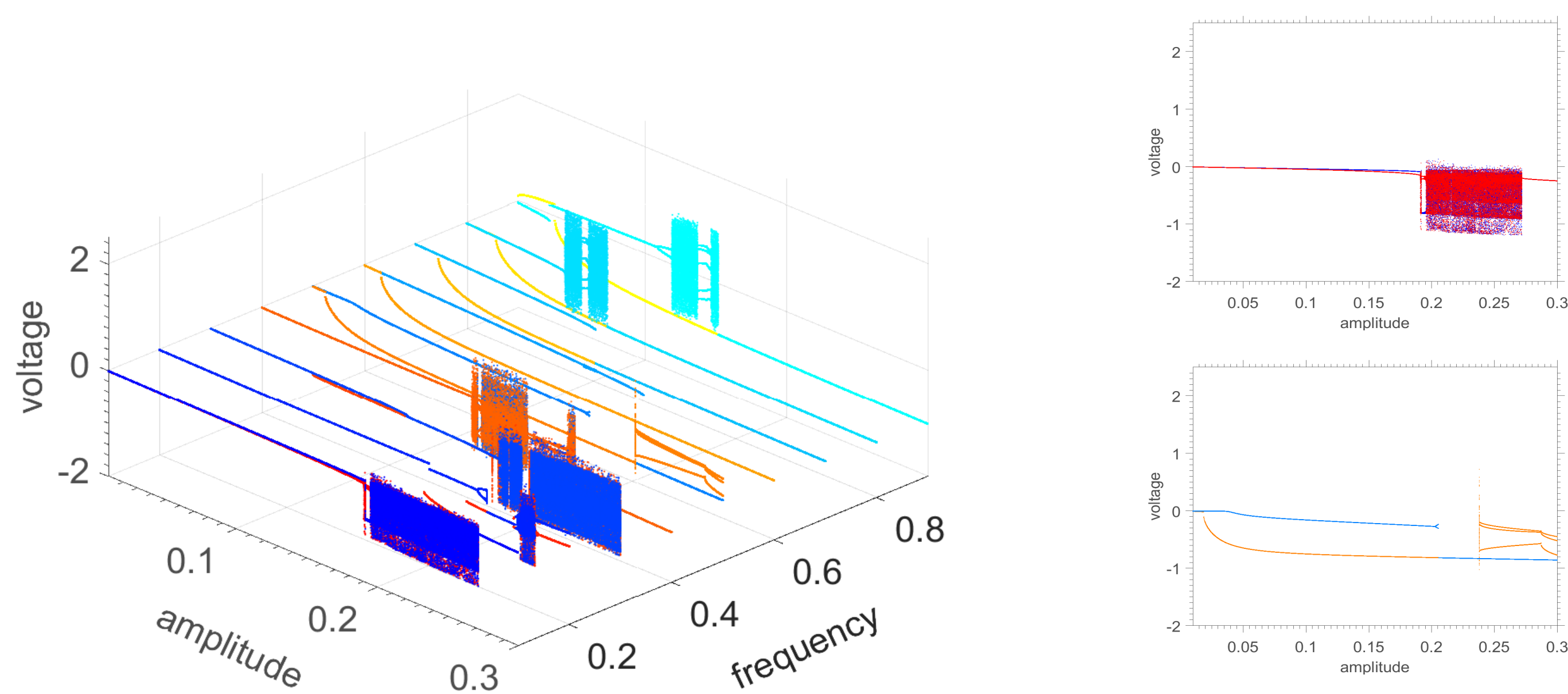
## Modelo Matemático



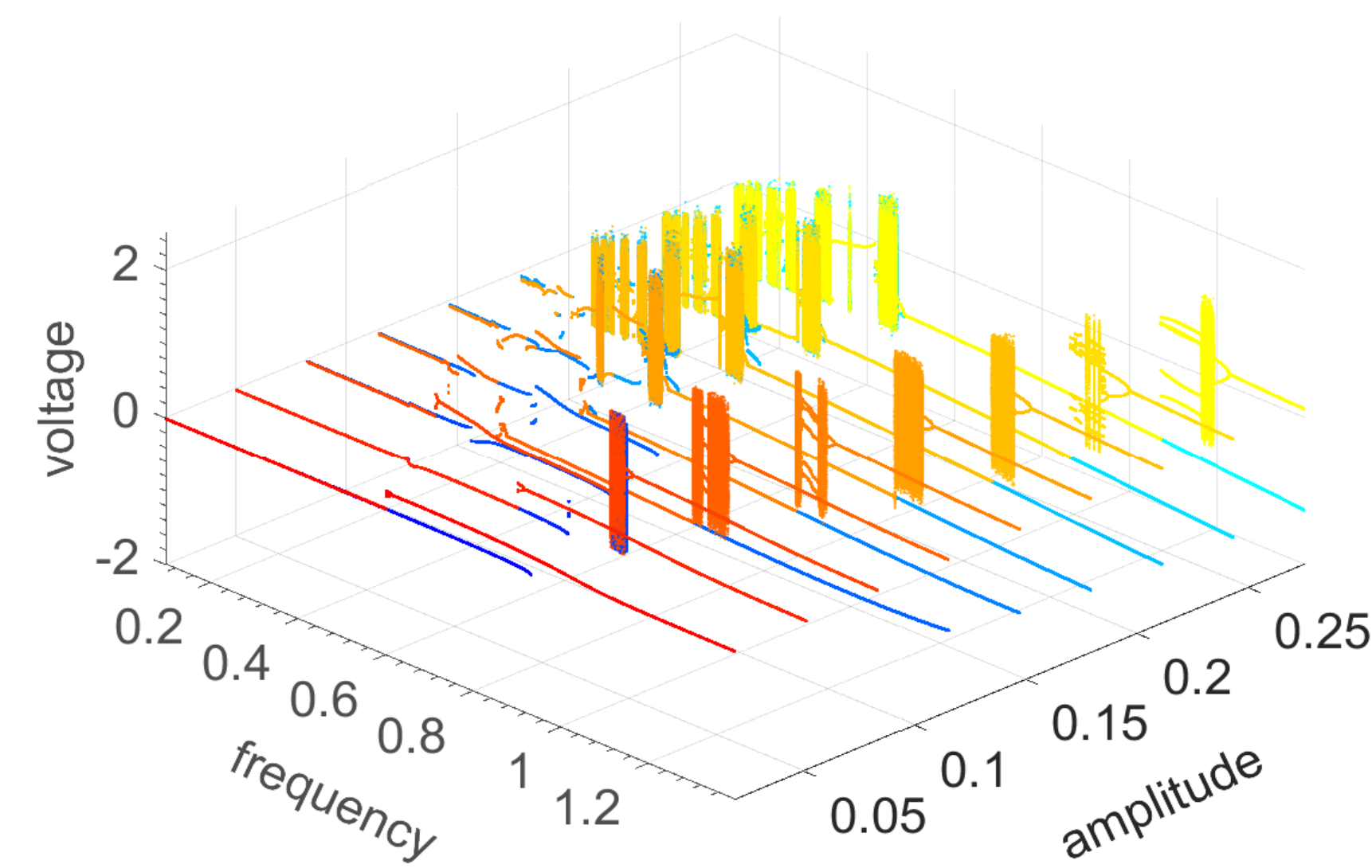
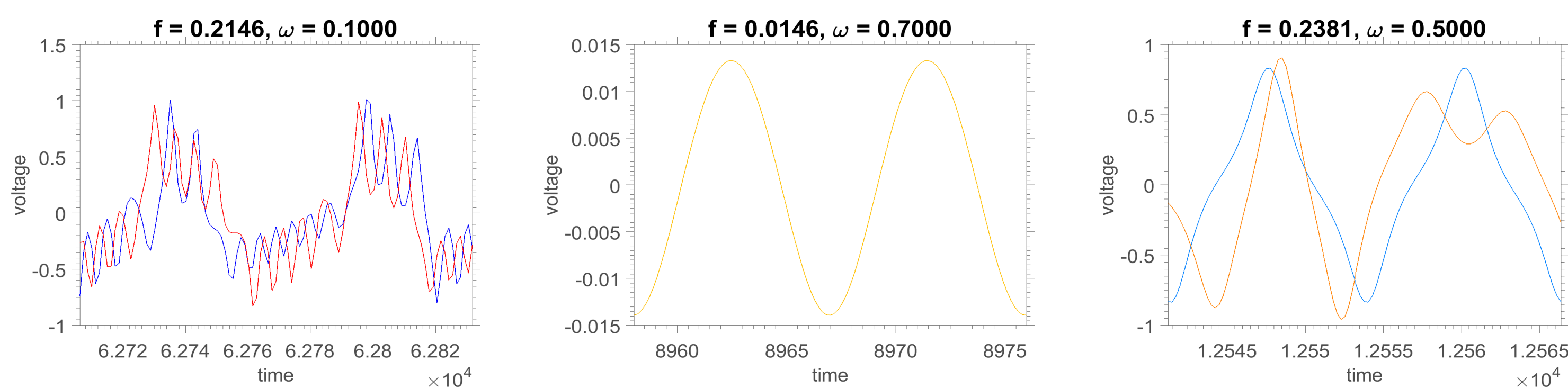
$$\begin{aligned} \ddot{x} + 2\xi\dot{x} - 0.5x(1-x^2) - \chi v &= f \cos \Omega t \\ \dot{v} + \lambda v + \kappa \dot{x} &= 0 \\ x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0, v(0) &= v_0 \end{aligned}$$

$\xi$  - fator de amortecimento  
 $\chi$  - acoplamento mecânico  
 $\lambda$  - tempo característico inverso  
 $\kappa$  - acoplamento elétrico  
 $f$  - amplitude de excitação  
 $\Omega$  - frequência de excitação

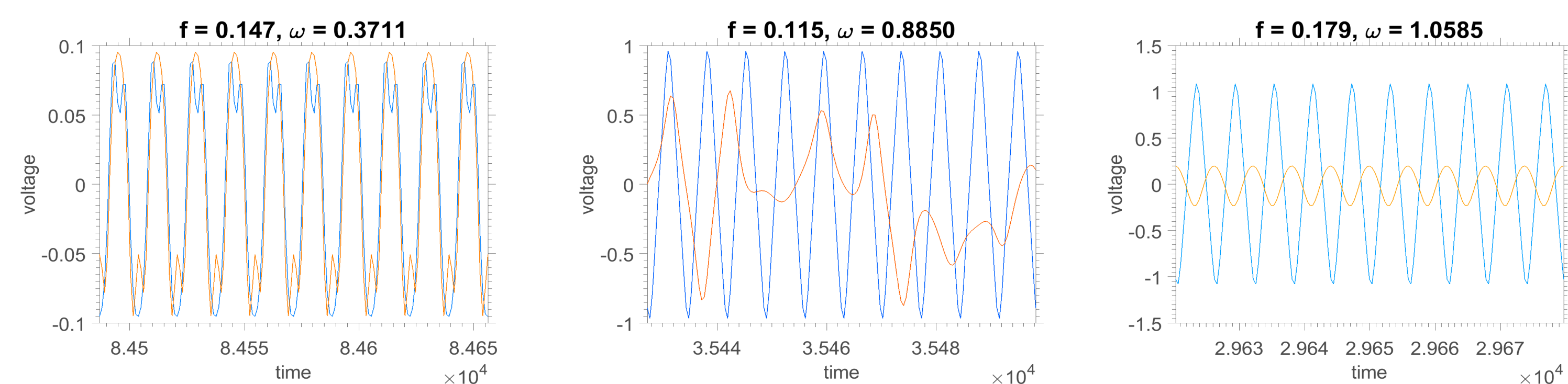
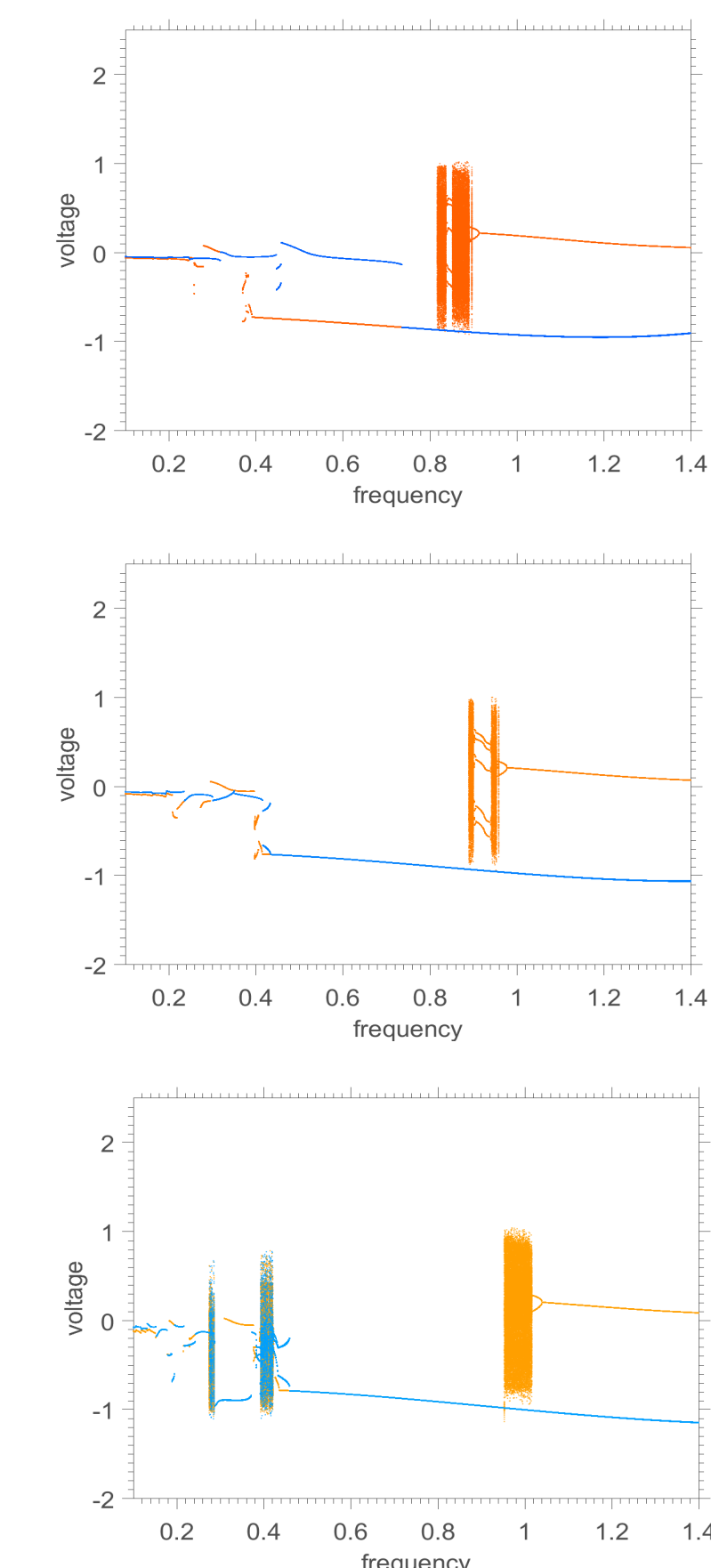
## Diagramas de Bifurcação



Diagramas para a tensão,  $\Omega \in [0.1 : 0.1 : 0.9]$ ,  $0.01 \leq f \leq 0.3$ . Ordens ascendente (cores frias) e descendente (cores quentes). Parâmetros  $\xi = 0.01, \chi = 0.05, \lambda = 0.05$  e  $\kappa = 0.5$ . Condições iniciais  $x_0 = 0, \dot{x}_0 = 0, v_0 = 0$ . Diagramas para  $\Omega = 0.1$  (acima),  $\Omega = 0.5$  (centro) e  $\Omega = 0.7$  (abaixo).



Diagramas para a tensão,  $f \in [0.032 : 0.019 : 0.275]$ ,  $0.1 \leq \Omega \leq 1.4$ . Ordens ascendente (cores frias) e descendente (cores quentes). Parâmetros  $\xi = 0.01, \chi = 0.05, \lambda = 0.05$  e  $\kappa = 0.5$ . Condições iniciais  $x_0 = 0, \dot{x}_0 = 0, v_0 = 0$ . Diagramas para  $\Omega = 0.1$  (acima) e  $\Omega = 0.7$  (abaixo).



## Conclusões

- Diagramas de bifurcação e séries temporais permitem análise detalhada da dinâmica;
- Ordem de amostragem dos parâmetros de controle influencia nos resultados (histerese);
- Amplitudes pequenas, combinadas com frequências pequenas, implicam em dinâmica regular;
- Regiões de dinâmica caótica podem ser atribuídas principalmente à variações na frequência de forçamento;

## Agradecimentos



## Referências

- [1] F. Cottone, H. Vocca and L. Gammaitoni, Nonlinear Energy Harvesting *Physical Review Letters*, 102: 080601, 2009.
- [2] A. Erturk, J. Hoffmann and D. J. Inman, A piezomagnetoelastic structure for broadband vibration energy harvesting, *Applied Physics Letters*, 94:254102, 2009.
- [3] J. V. L. L. Peterson, V. G. Lopes and A. Cunha Jr, Numerically exploring the nonlinear dynamics of a piezo-magneto-elastic energy harvesting device, 2018. (em revisão)
- [4] V. G. Lopes, J. V. L. L. Peterson and A. Cunha Jr, Exploring the nonlinear dynamics of bistable energy harvester. In: XVIII International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics, 2019. (submetido)
- [5] J. V. L. L. Peterson, V. G. Lopes and A. Cunha Jr, Dynamics analysis of a nonlinear bi-stable piezo-magneto-elastic energy harvester. In: 4th International Conference on Structural Nonlinear Dynamics and Diagnosis, 2018.
- [6] V. G. Lopes, J. V. L. L. Peterson and A. Cunha Jr, On the nonlinear dynamics of a bi-stable piezoelectric energy harvesting device. In: 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering, 2017.