



**HAL**  
open science

# Modelagem da Dinâmica Não-linear de um Coletor de Energia Bi-estável

João Peterson, Vinicius Lopes, Americo Cunha Jr

► **To cite this version:**

João Peterson, Vinicius Lopes, Americo Cunha Jr. Modelagem da Dinâmica Não-linear de um Coletor de Energia Bi-estável. Semana do IME 2017, Oct 2017, Rio de Janeiro, Brazil. . hal-01633214

**HAL Id: hal-01633214**

**<https://hal.science/hal-01633214>**

Submitted on 11 Nov 2017

**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.

Copyright



# Modelagem da Dinâmica Não-linear de um Coletor de Energia Bi-estável

João Victor Ligier Lopes Peterson  
Vinicius Gonçalves Lopes  
Americo Barbosa da Cunha Junior

joao.peterson@uerj.br vinicius.g.lopes@uerj.br americo@ime.uerj.br

NUMERICO – Núcleo de Modelagem e Experimentação Computacional

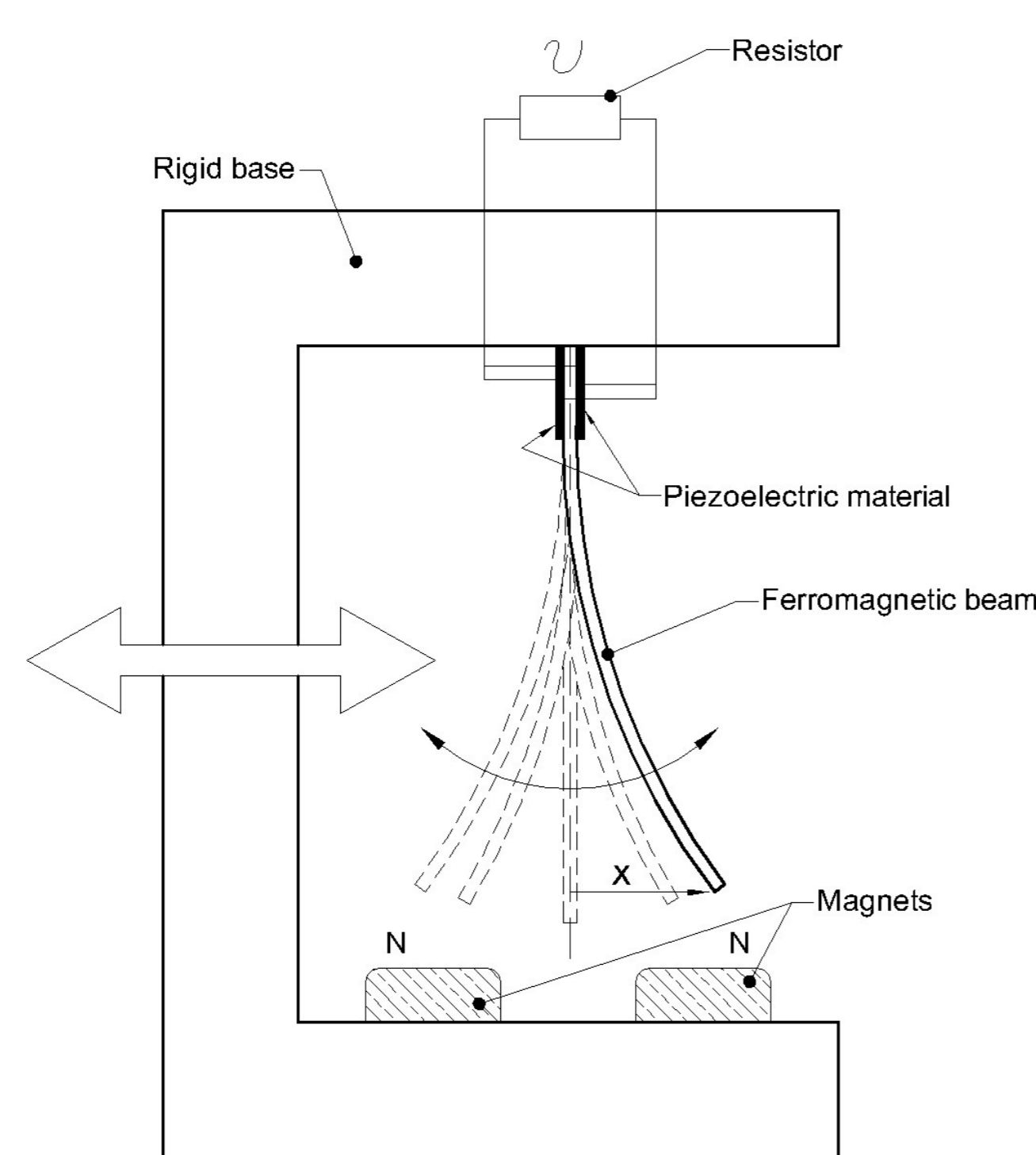


## Introdução

Coletores de energia são dispositivos que possuem a capacidade de captar pequenas quantidades de energia provenientes de uma fonte abundante (sol, vento etc), visando o posterior uso dessa energia para alimentação de dispositivos de baixa demanda energética. A tecnologia possui uma ampla gama de aplicações, que vão desde micro e nanossensores até implantes médicos. Entre aos dispositivos coletores de energia existentes, aqueles baseados em configurações bi-estáveis, do ponto de vista da eficiência energética, enquadram-se dentre os mais promissores, sendo amplamente discutidos na literatura técnico-científica, principalmente porque apresentam comportamento fortemente não linear.

O presente trabalho tem por objetivo investigar em profundidade o comportamento dinâmico de um coletor de energia bi-estável, composto por um circuito resistivo acoplado, via transdutor piezoelétrico, à uma viga que vibra em grandes deslocamentos, sendo de interesse identificar configurações de parâmetros que induzem o sistema a operar em regime caótico.

## Modelo Matemático



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

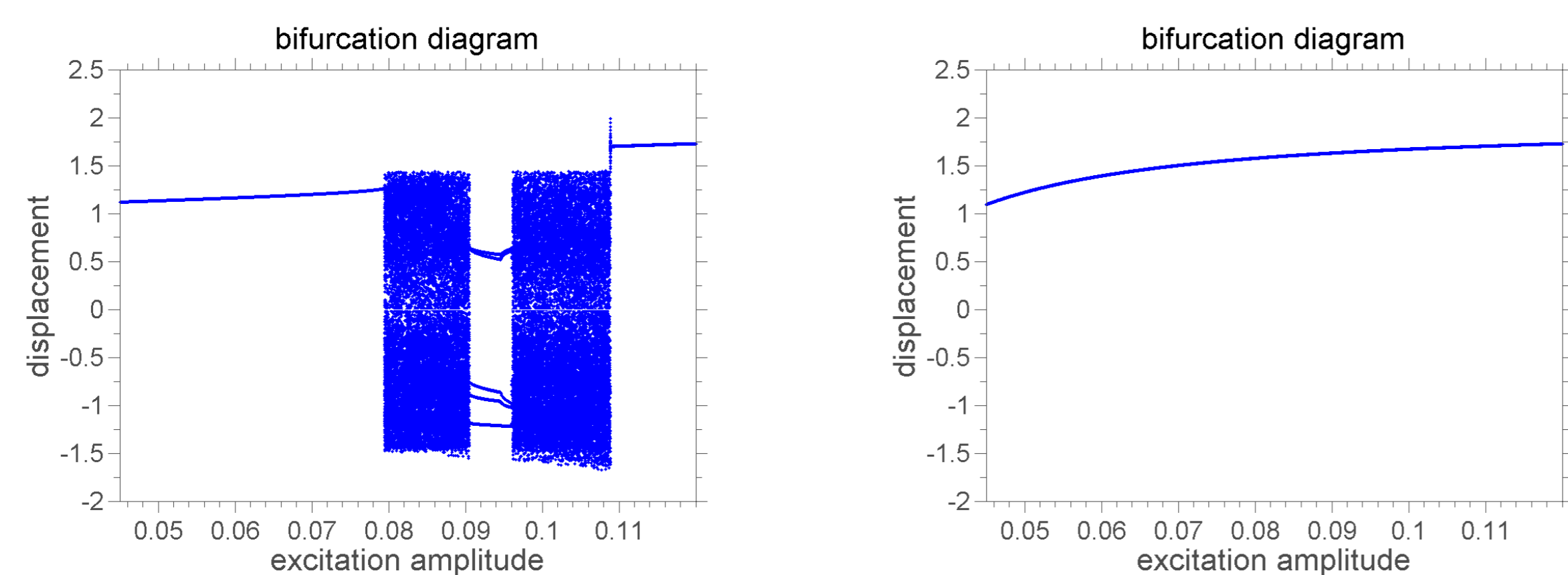
$x$  - deslocamento  
 $v$  - voltagem  
 $t$  - tempo  
 $x_0$  - posição inicial  
 $\dot{x}_0$  - velocidade inicial  
 $v_0$  - voltagem inicial

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

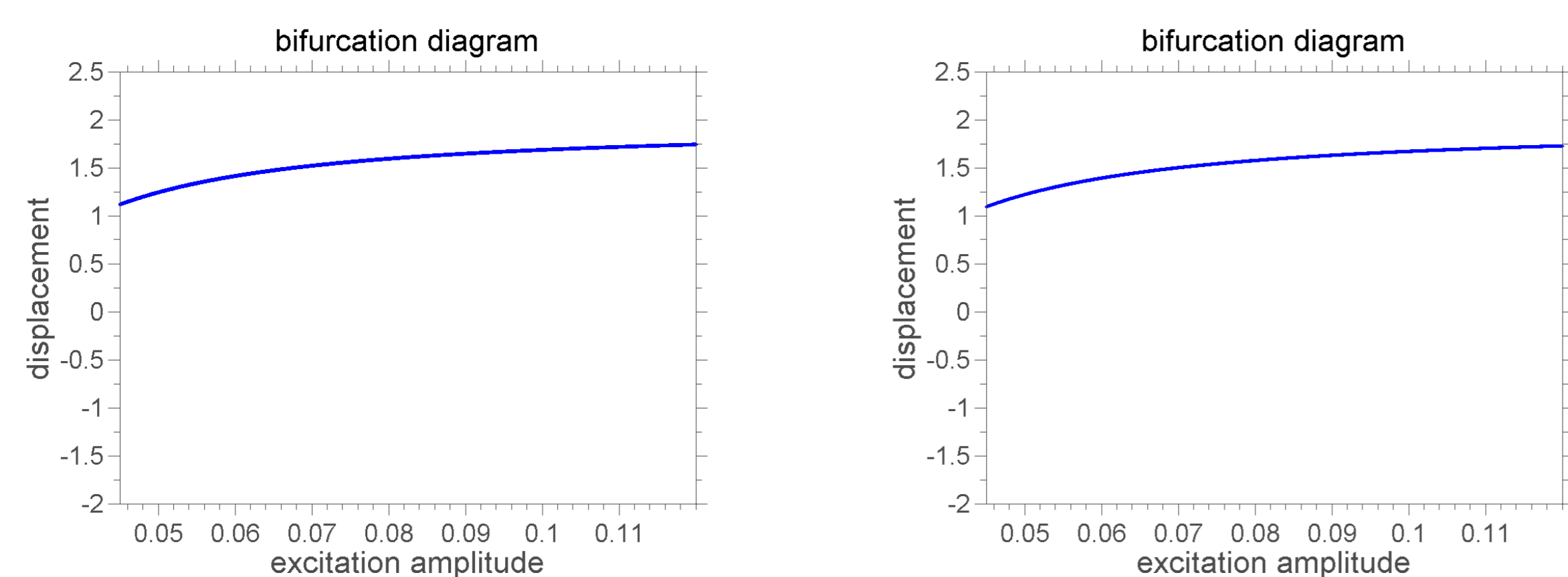
## Resultados

### Diagramas de Bifurcação

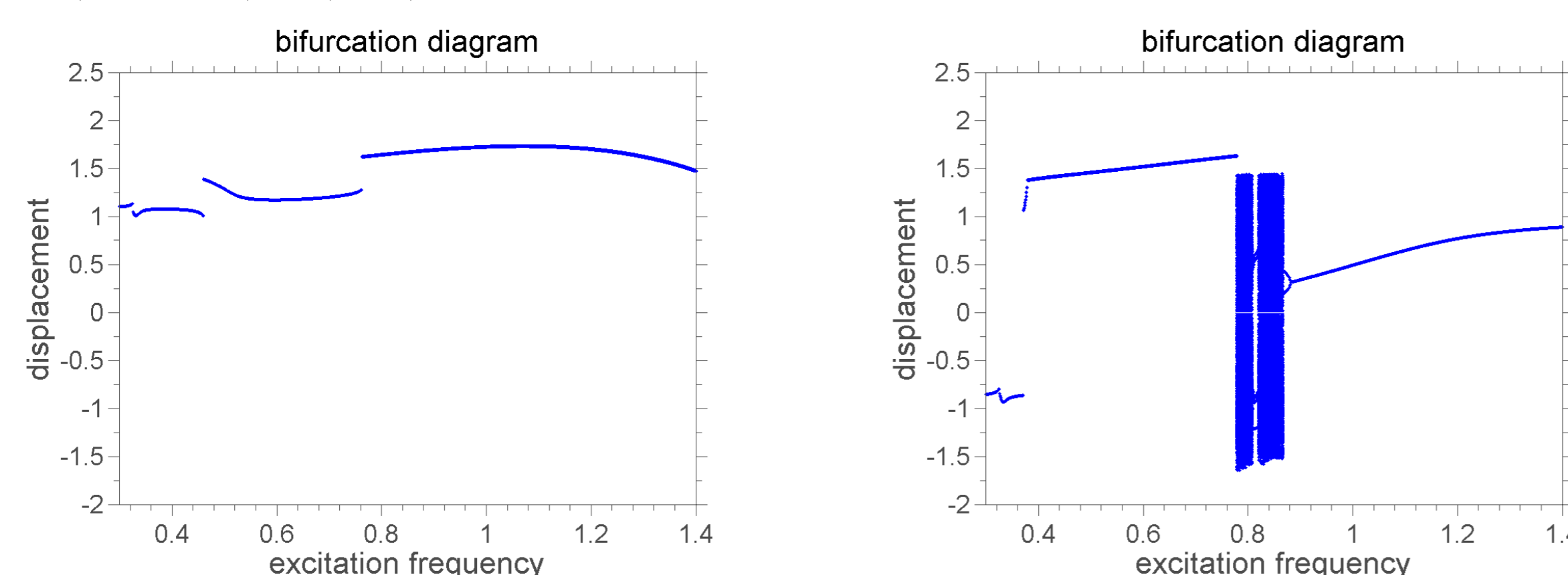
Diagramas de Amplitude de Forçamento vs Deslocamento obtidos pelos métodos *direto* (esquerda) e *reverso* (direita), com  $(x_0, \dot{x}_0, v_0) = (1, 0, 0)$  e  $\Omega = 0.8$ .



Diagramas de Amplitude vs Deslocamento obtidos pelos métodos *direto* (esquerda) e *reverso* (direita), com  $(x_0, \dot{x}_0, v_0) = (1, 1, 0)$  e  $\Omega = 0.8$ .

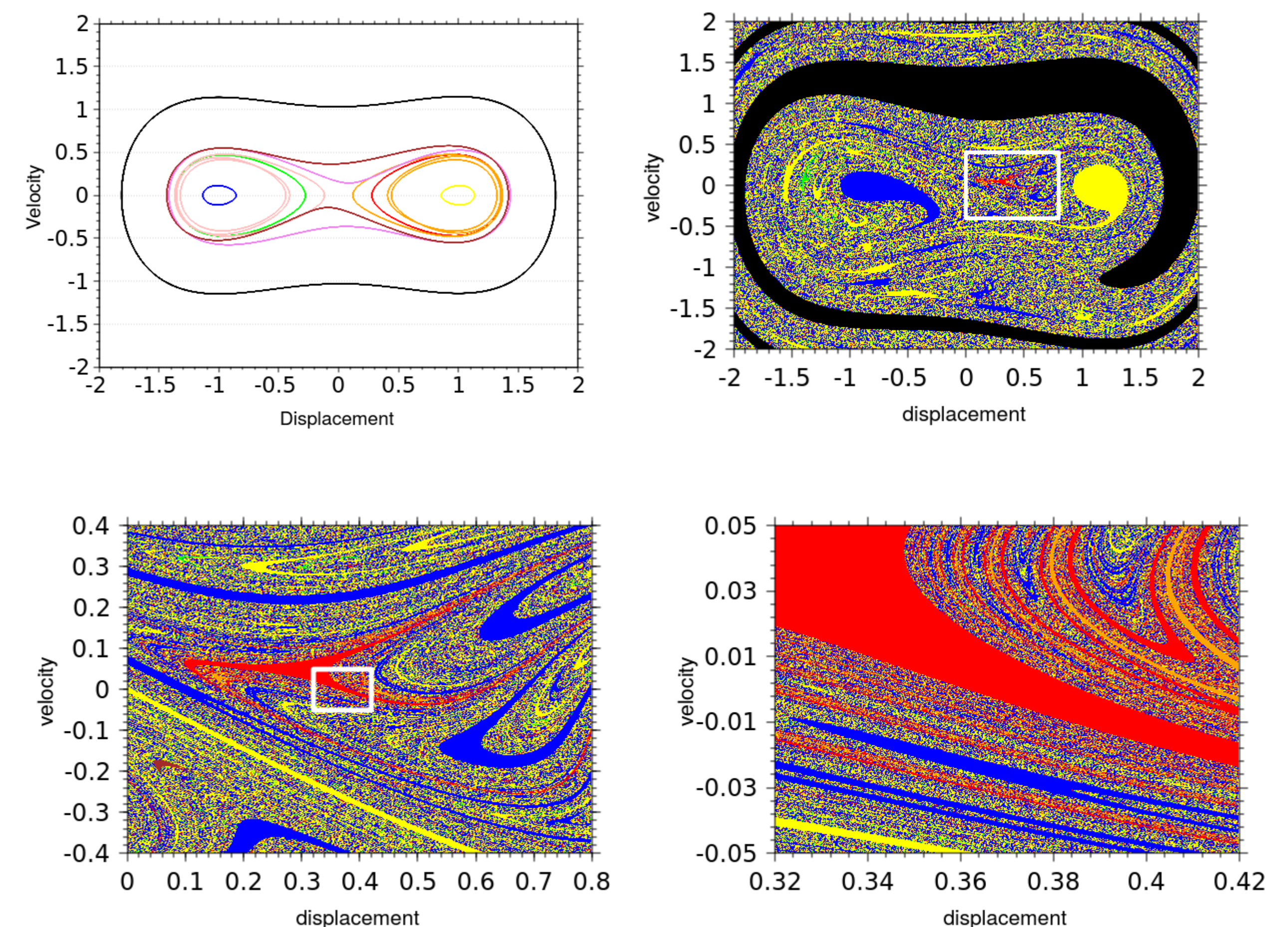


Diagramas Frequência de Forçamento vs Deslocamento obtidos pelos métodos *direto* (esquerda) e *reverso* (direita), com  $(x_0, \dot{x}_0, v_0) = (1, 0, 0)$  e  $f = 0.083$ .

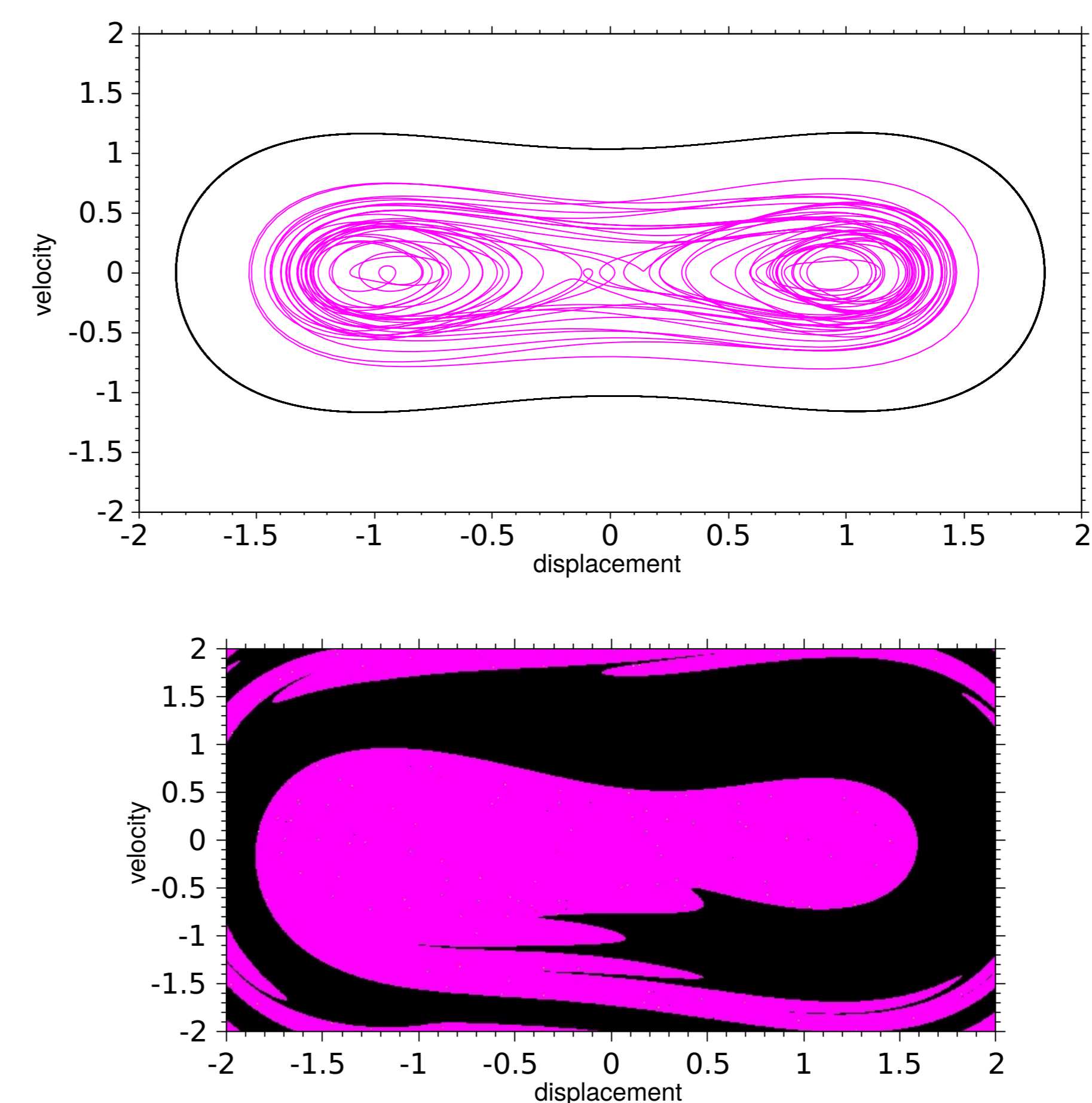


## Bacias de Atração

Bacias de atração no plano deslocamento vs velocidade para  $f = 0.05$  e  $\Omega = 0.8$  e seus respectivos atratores.



Bacias de atração para  $f = 0.1$  e  $\Omega = 0.8$ .



## Considerações Finais

O trabalho apresenta um estudo que visa quantificar a influência do forçamento externo na dinâmica de um coletor de energia bi-estável. São usadas como ferramentas bacias de atração e diagramas de bifurcação. Enquanto a análise das bacias permite constatar a presença de regiões de estabilidade e caos unicamente a partir das condições iniciais, os diagramas de bifurcação contribuem para uma descrição da complexidade da dinâmica quando da variação dos parâmetros de forçamento.

## Agradecimentos



## Referências:

- [1] A. Erturk, J. Hoffmann, and D. J. Inman, A piezomagnetoelastic structure for broadband vibration energy harvesting, *Applied Physics Letters*, 94:254102, 2009. <http://dx.doi.org/10.1063/1.3159815>
- [2] Peterson, J. V. L. L. ; Lopes, V. G. ; Cunha Jr, A. . Maximization of the electrical power generated by a piezo-magneto-elastic energy harvesting device. In: XXXVI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC 2016), 2016, Gramado. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, 2016.
- [3] Lopes, V. G. ; Peterson, J. V. L. L. ; Cunha Jr, A. . Numerical study of parameters influence over the dynamics of a piezo-magneto-elastic energy harvesting device. In: XXXVII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC 2017), 2017, São José dos Campos. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, 2017.
- [4] Lopes, V. G. ; Peterson, J. V. L. L. ; Cunha Jr, A. . On the nonlinear dynamics of a bi-stable piezoelectric energy harvesting device. In: 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2017), 2017, Curitiba. Proceeding of COBEM 2017, 2017.