

Ressonância Estocástica em Sistemas Dinâmicos Não Lineares: aplicações a coletores de energia

Vinicius Gonçalves Lopes Americo Barbosa da Cunha Junior

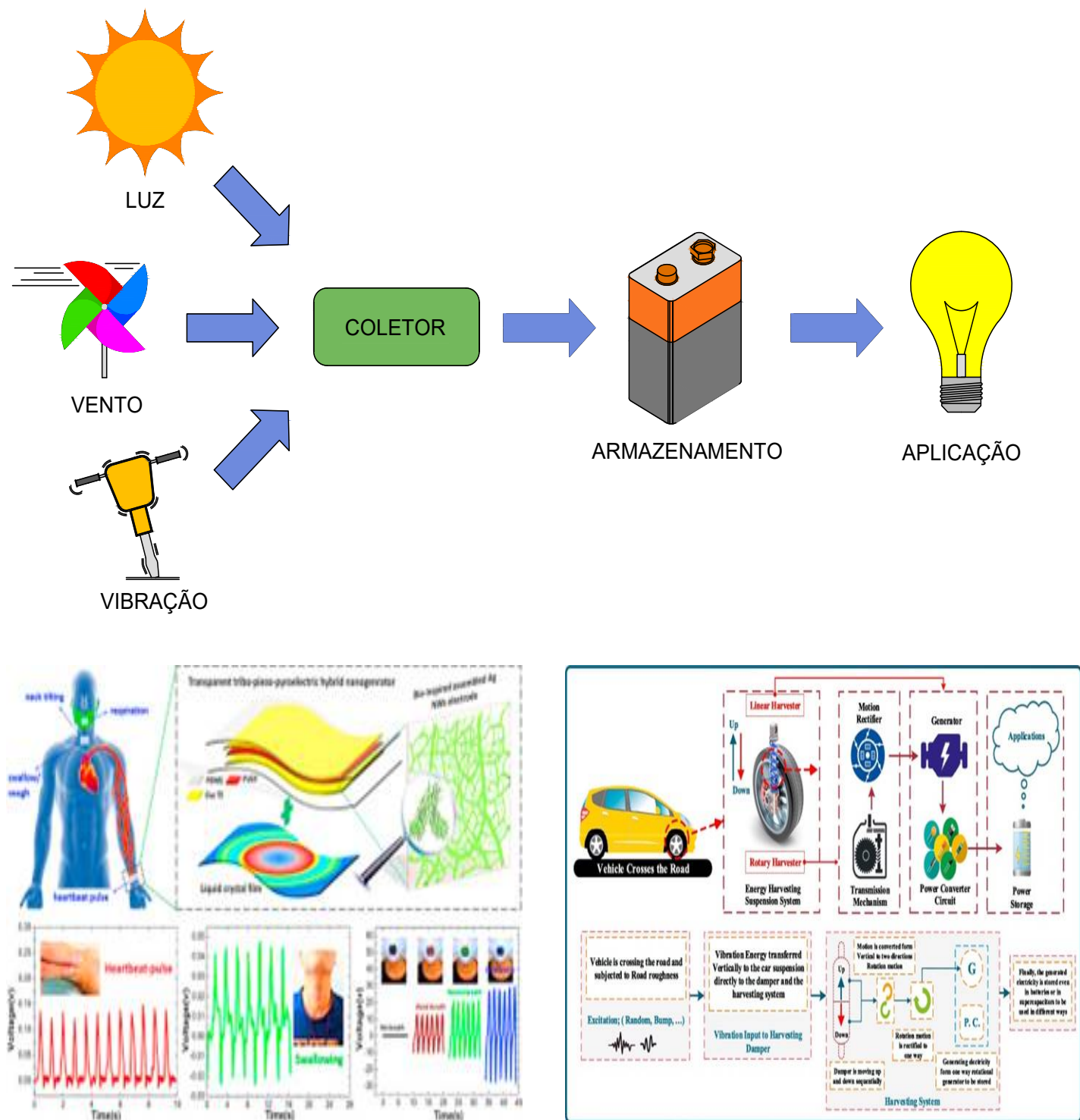
vinicius.g.lopes@uerj.br americo@ime.uerj.br

NUMERICO – Núcleo de Modelagem e Experimentação Computacional



Introdução

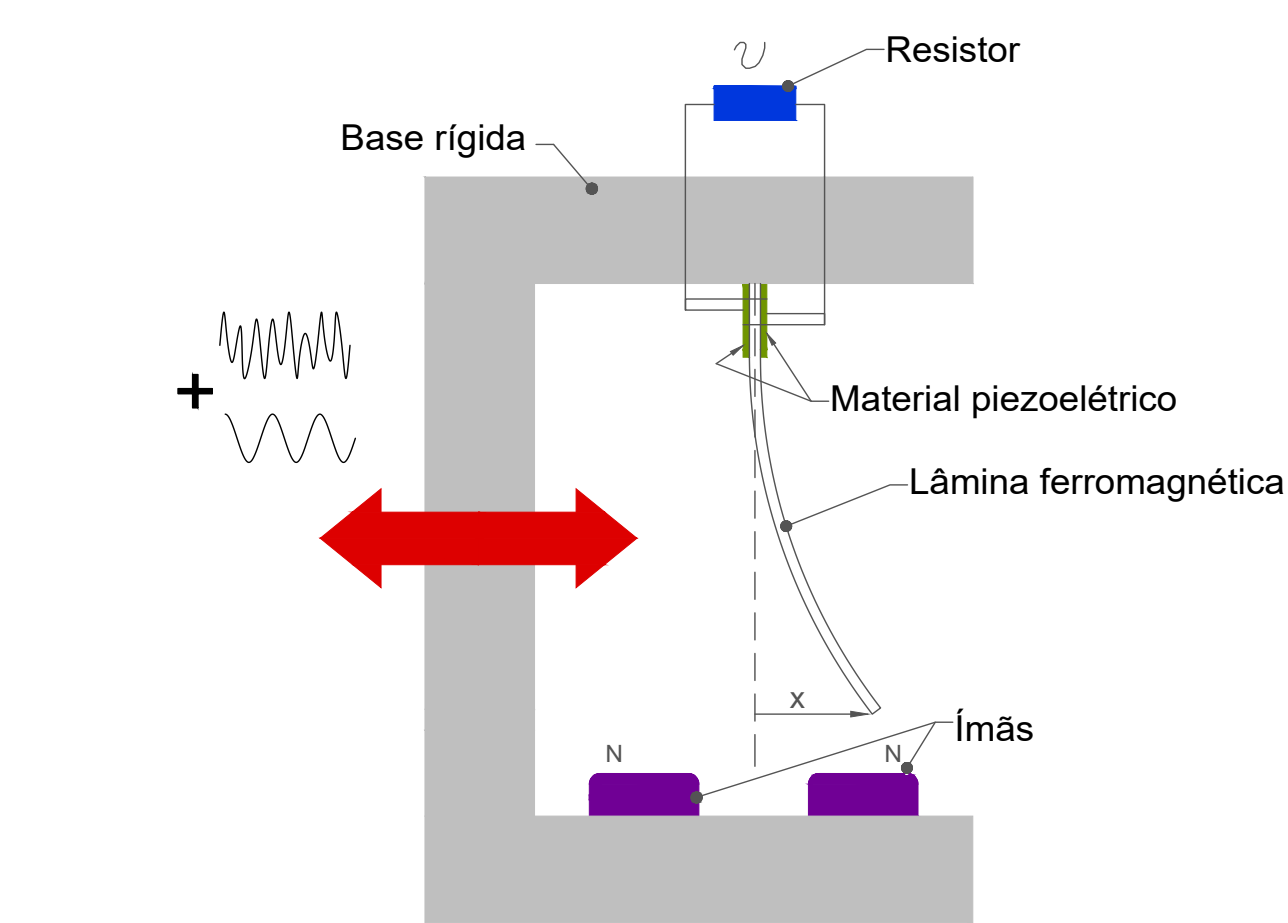
Coletores de energia são dispositivos baseados em materiais com propriedades físico-químicas especiais (*smart materials*) permitindo a recuperação de energia a partir de fontes secundárias, como calor (piezoelétricos), luminosidade (fotoelétricos), pressão ou vibração mecânica (piezoelétricos). Exemplos de aplicações podem ser encontrados na medicina [4], engenharias [3] e telecomunicações.



Objetivos

- Análise não linear da dinâmica sob forçamento estocástico;
- Verificar a ocorrência de ressonância estocástica;
- Investigar influência do ruído sobre a resposta de tensão;

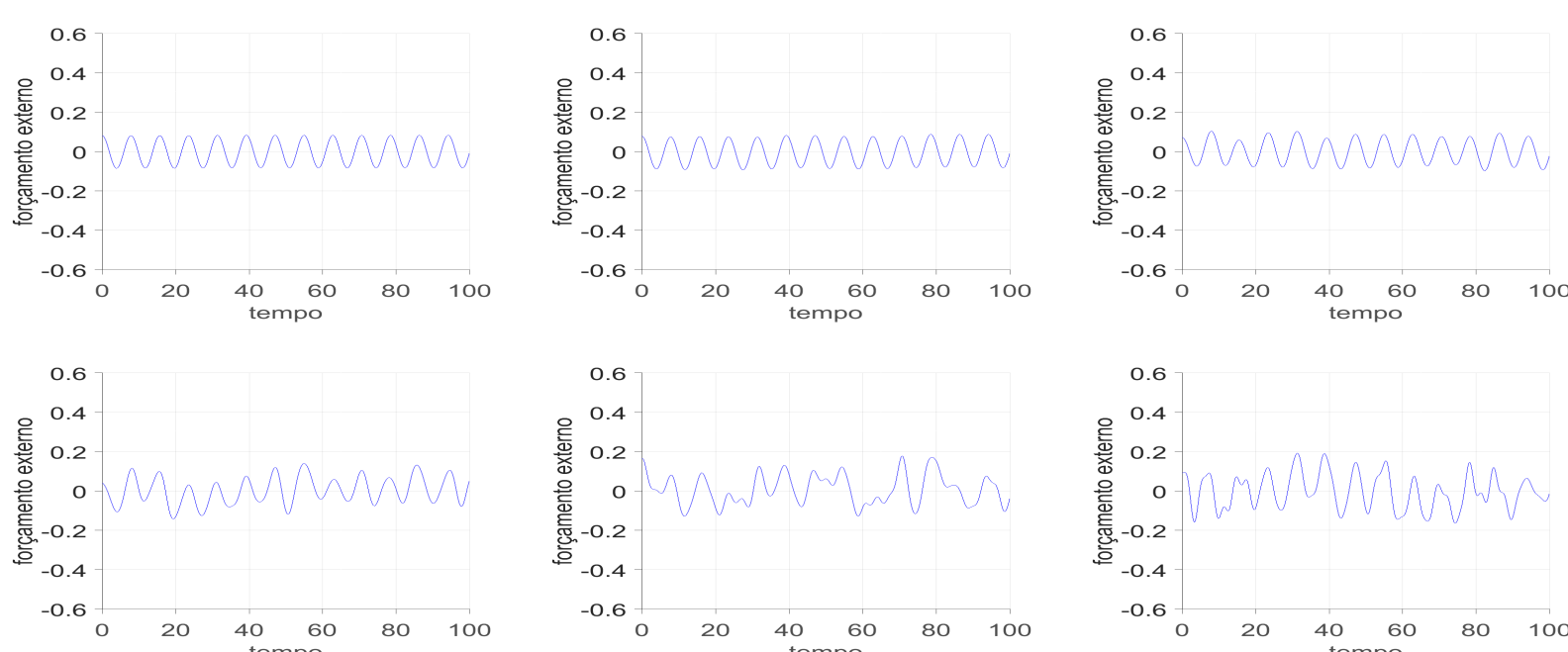
Modelo Matemático



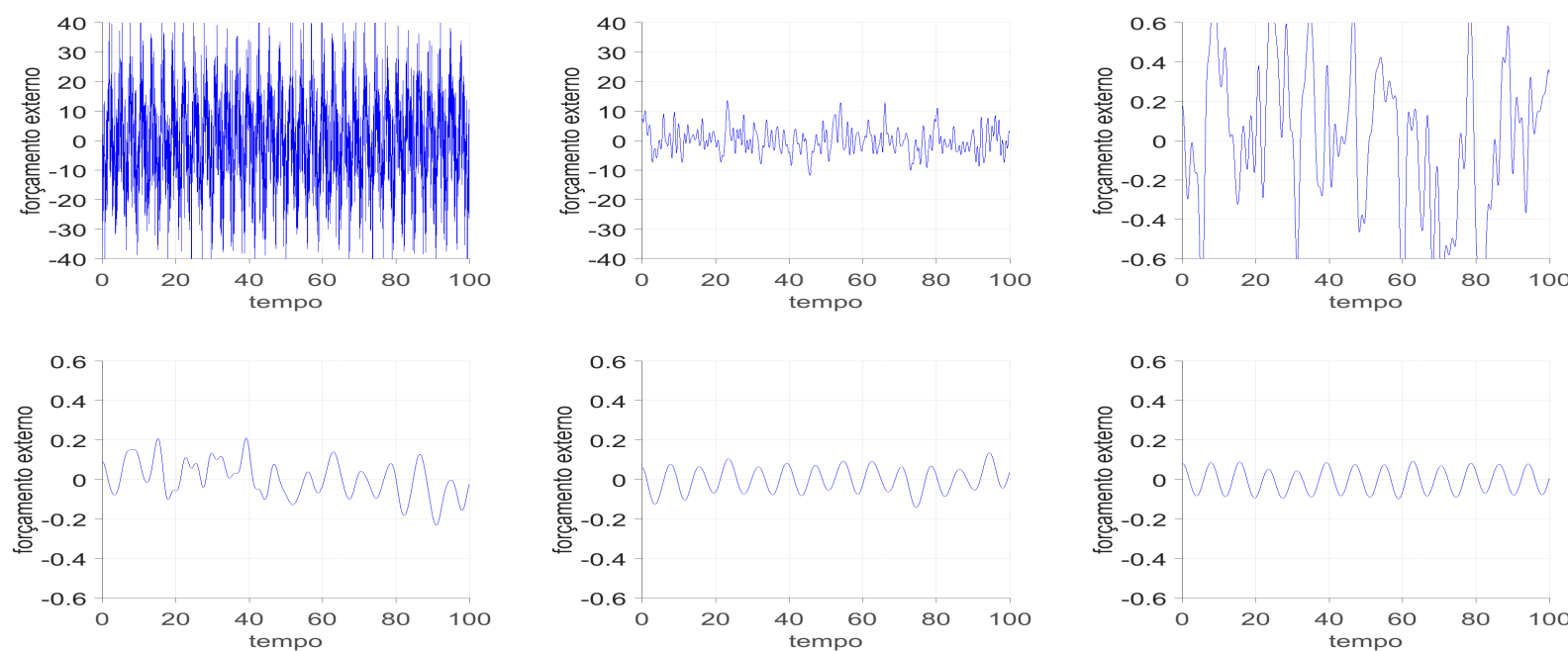
$$\ddot{x} + 2\xi\dot{x} - 0.5x(1 - x^2) - \chi v = f \cos \Omega t + \text{noise}(\Delta N, t_{corr})$$
$$\dot{v} + \lambda v + \kappa \dot{x} = 0$$
$$x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0, v(0) = v_0$$

ξ - fator de amortecimento
 χ - acoplamento mecânico
 λ - tempo característico inverso
 κ - acoplamento elétrico
 f - amplitude de excitação
 Ω - frequência de excitação

Forçamento Estocástico



Forçamento para $f = 0.083$ e $\Omega = 0.8$ com ruído, $\frac{\sigma}{f} \in [1\% \ 5\% \ 20\% \ 50\% \ 75\% \ 100\%]$.

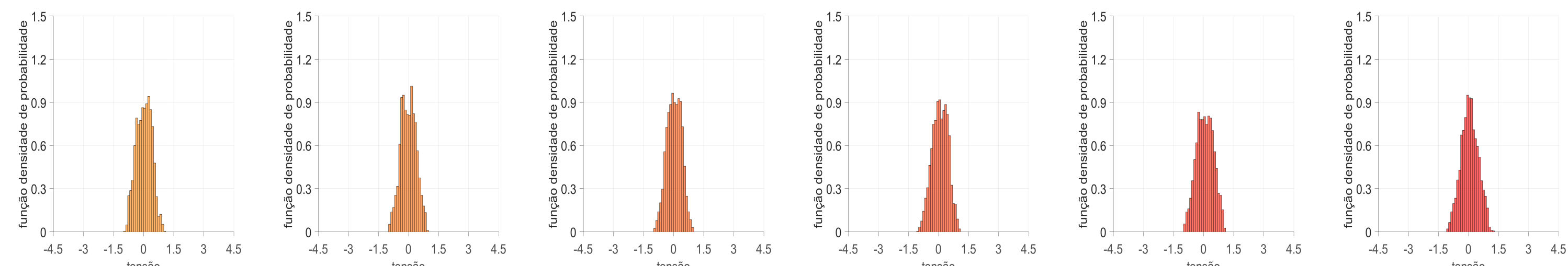


Forçamento para $f = 0.083$ e $\Omega = 0.8$ com ruído, $\frac{\tau\Omega}{2\pi} \in [1\% \ 5\% \ 20\% \ 50\% \ 75\% \ 100\%]$

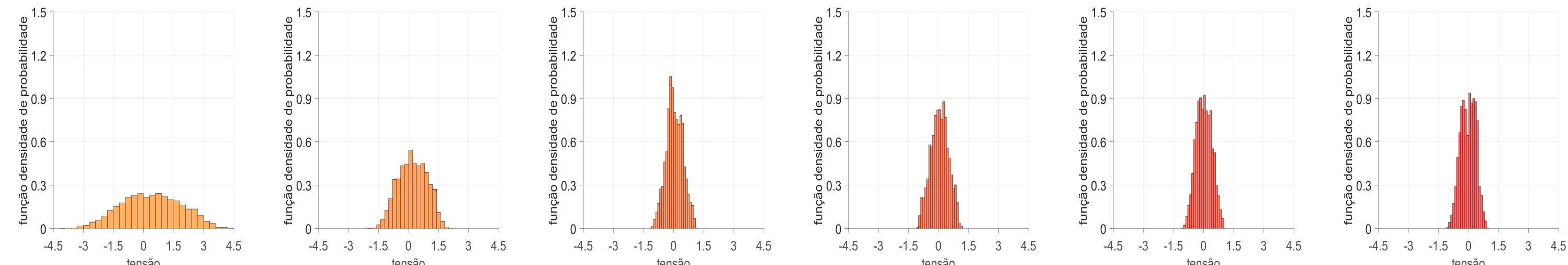
Principais Observações

- Tempos de correlação τ menores levam à ressonância estocástica;
- Maiores níveis de ruído implicam em maiores tensões (maior injeção de energia no sistema);
- Nível de ruído influencia na duração do transiente do sistema;

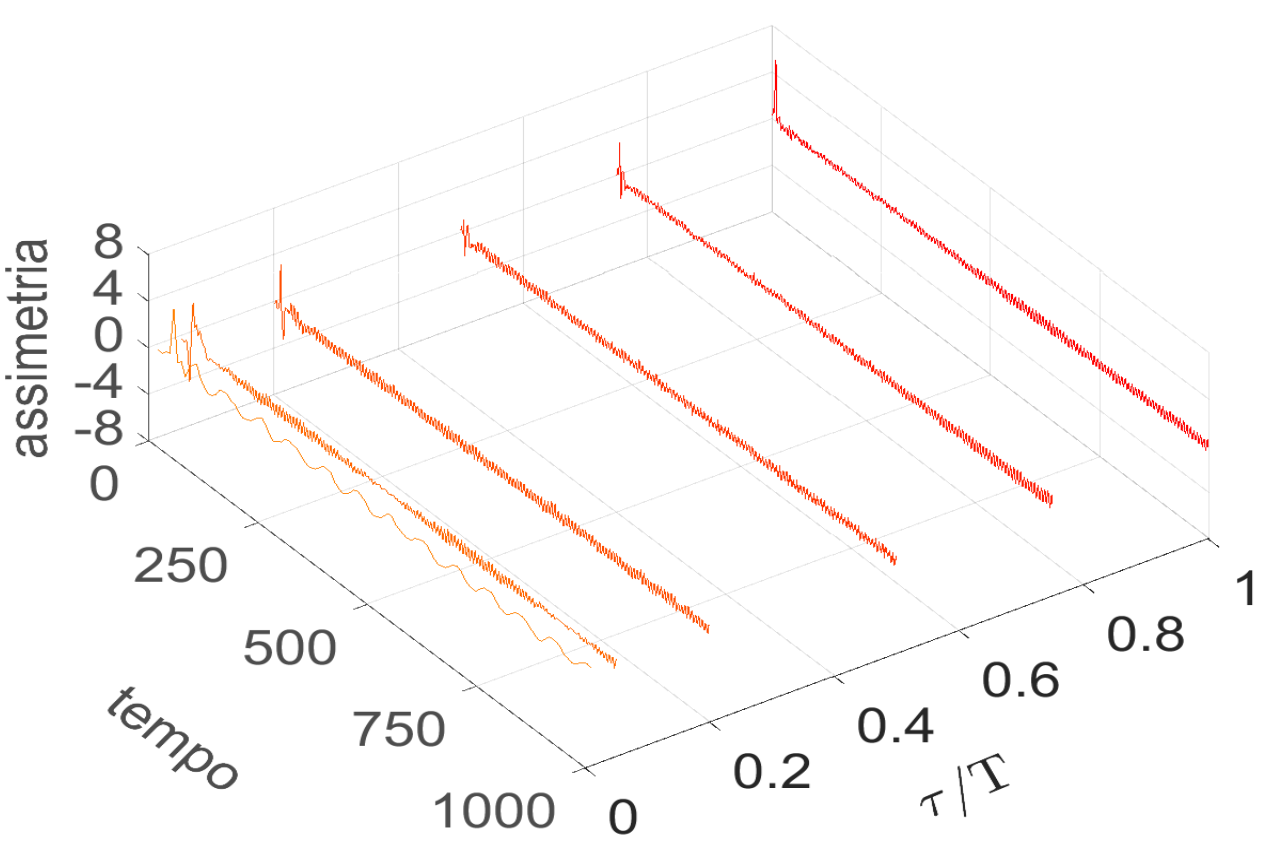
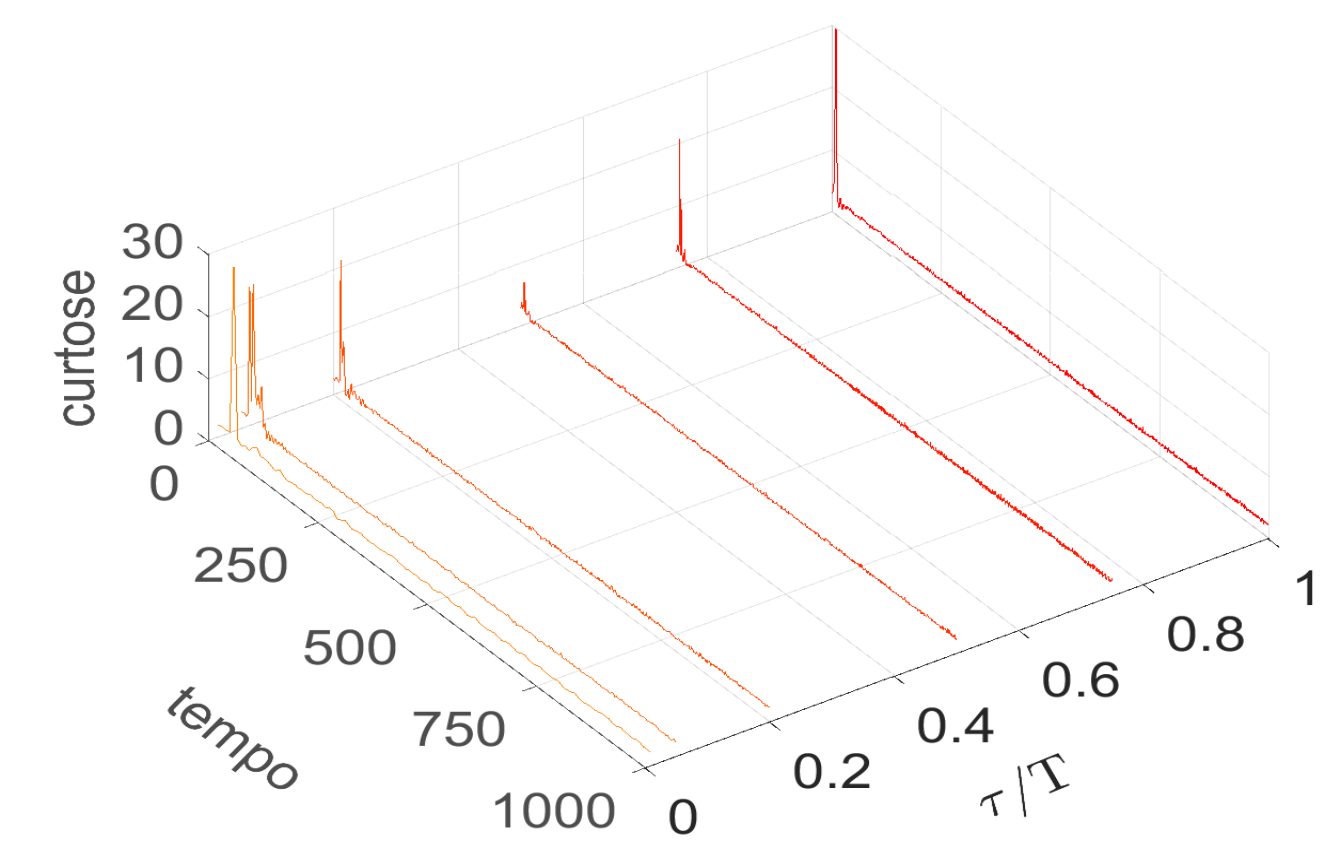
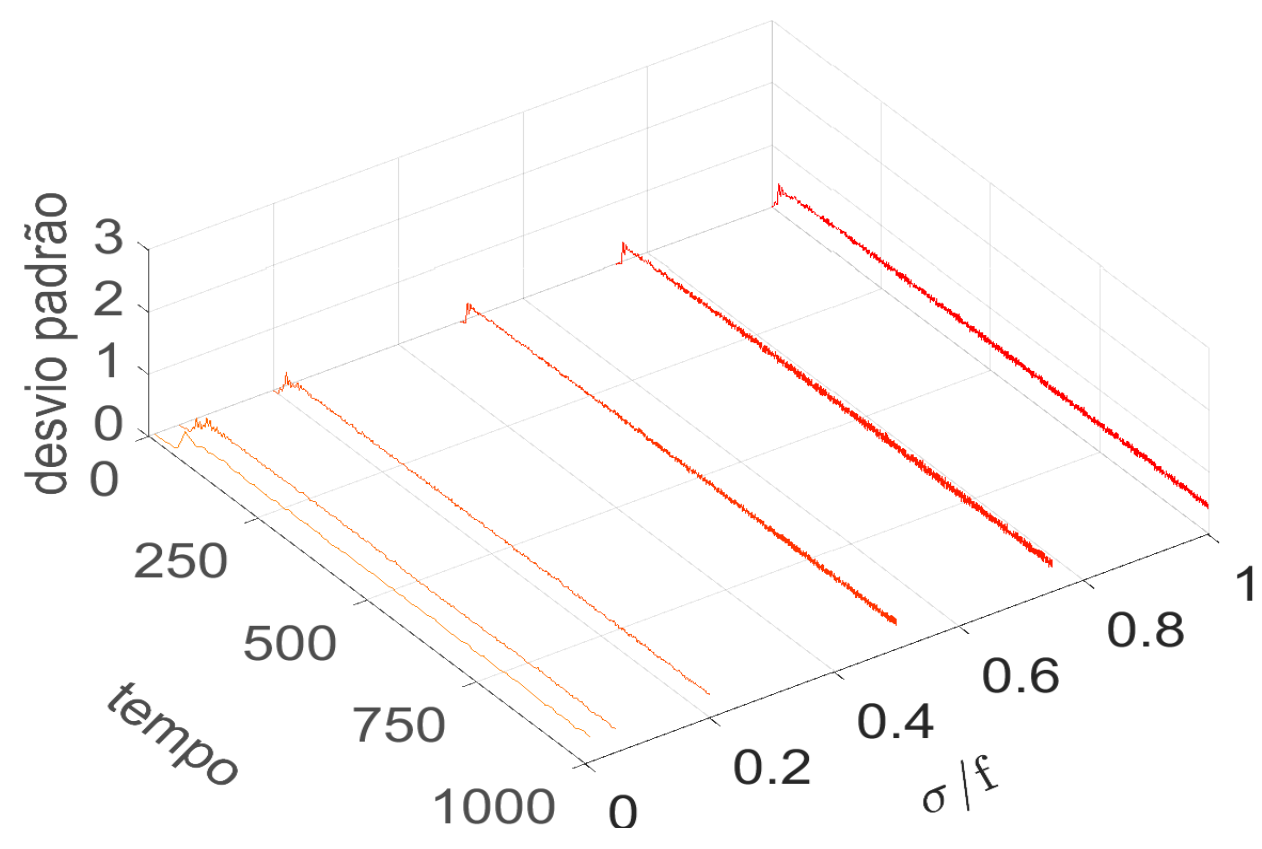
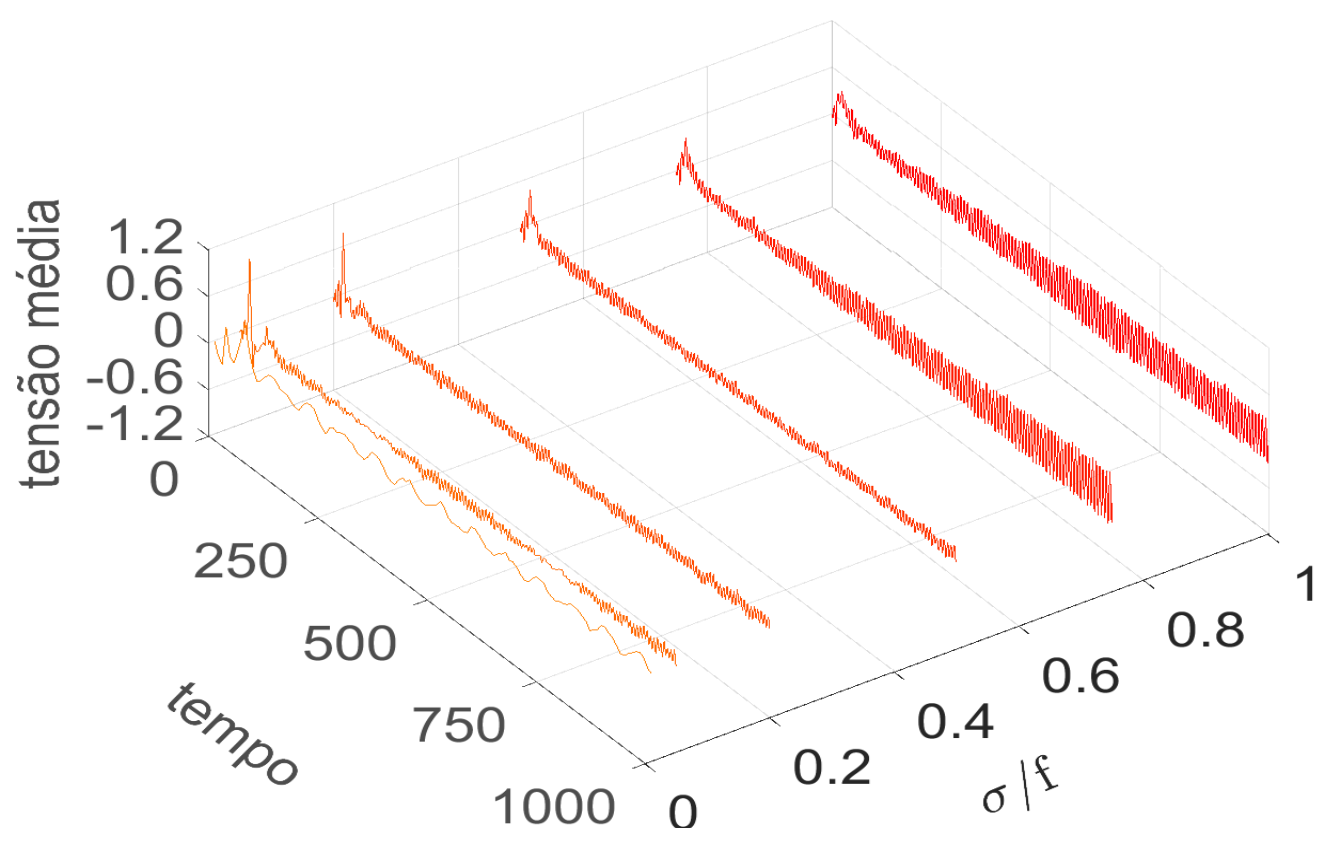
Resultados



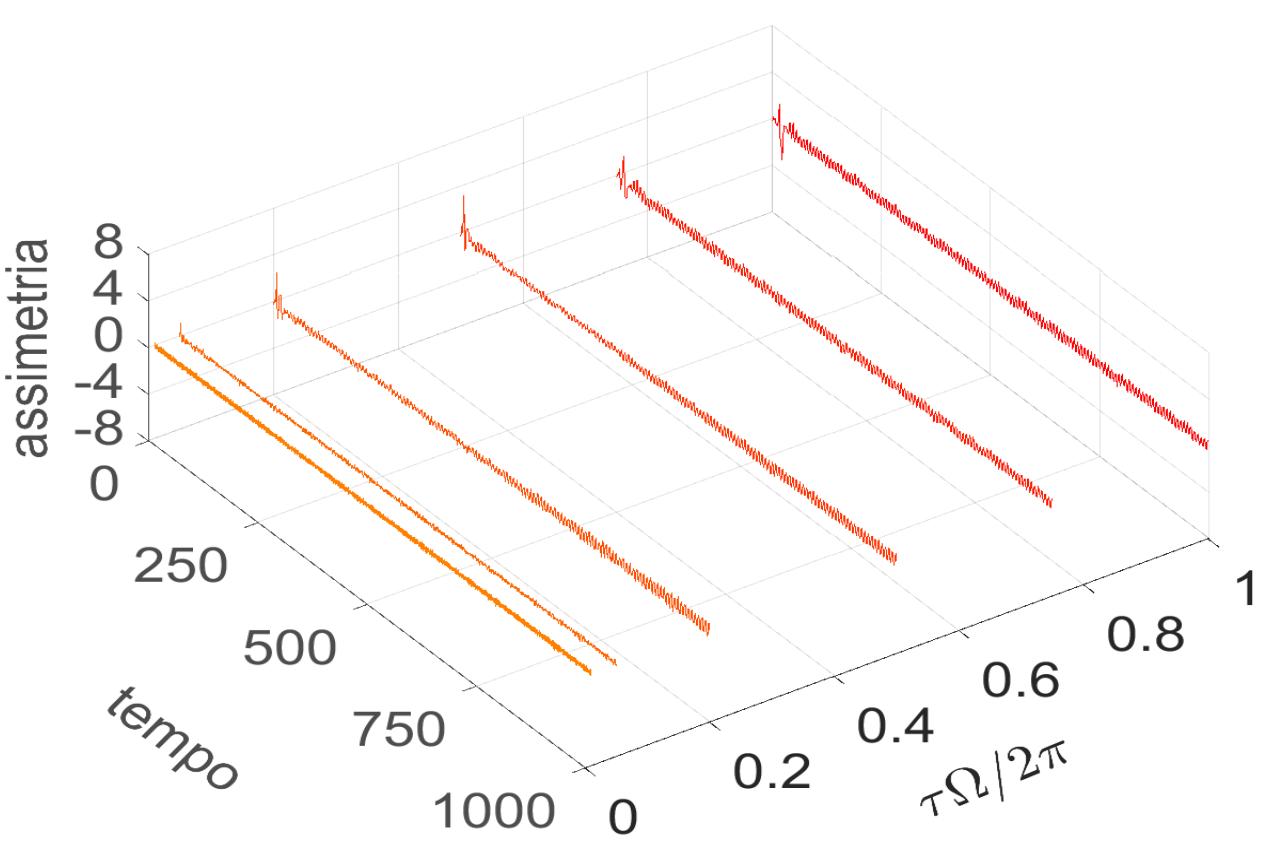
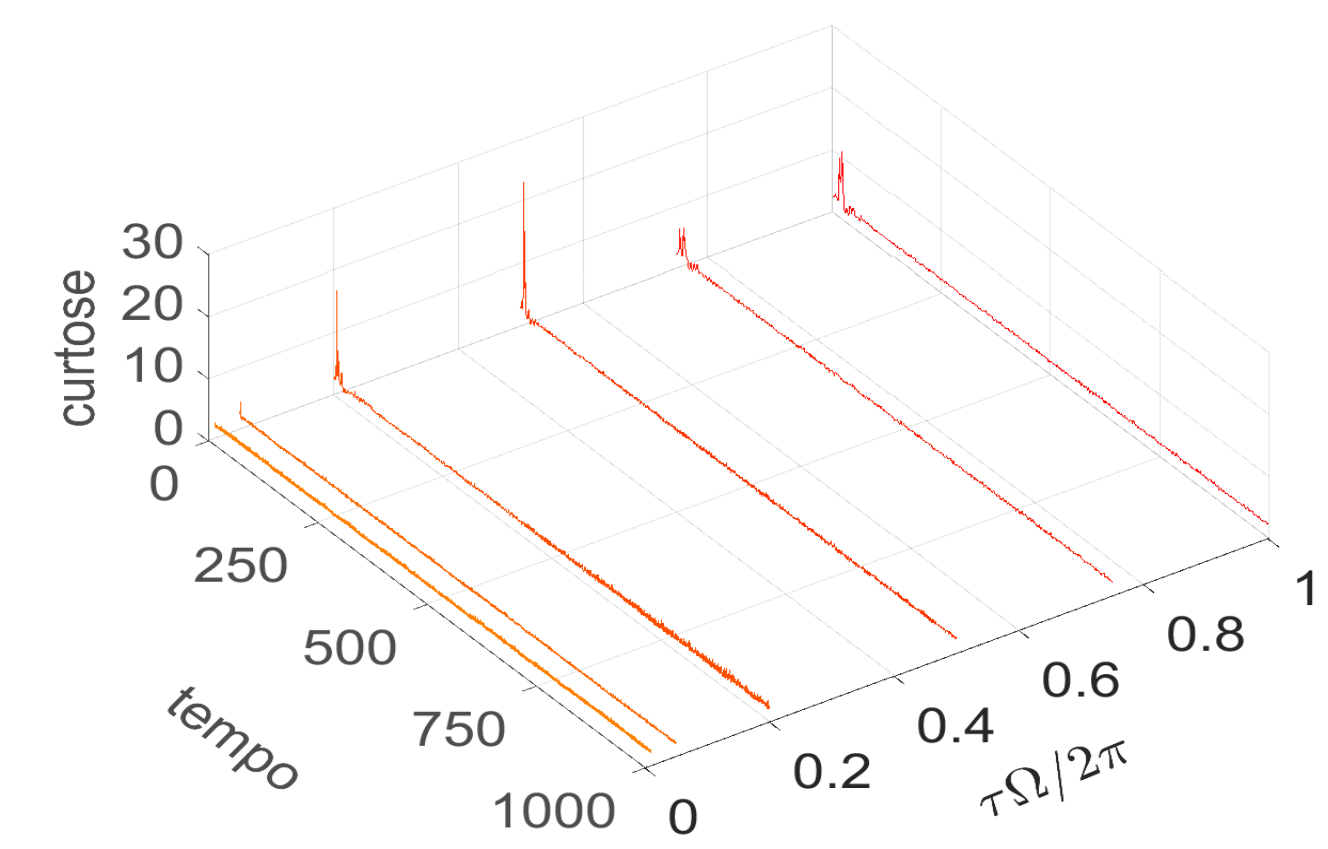
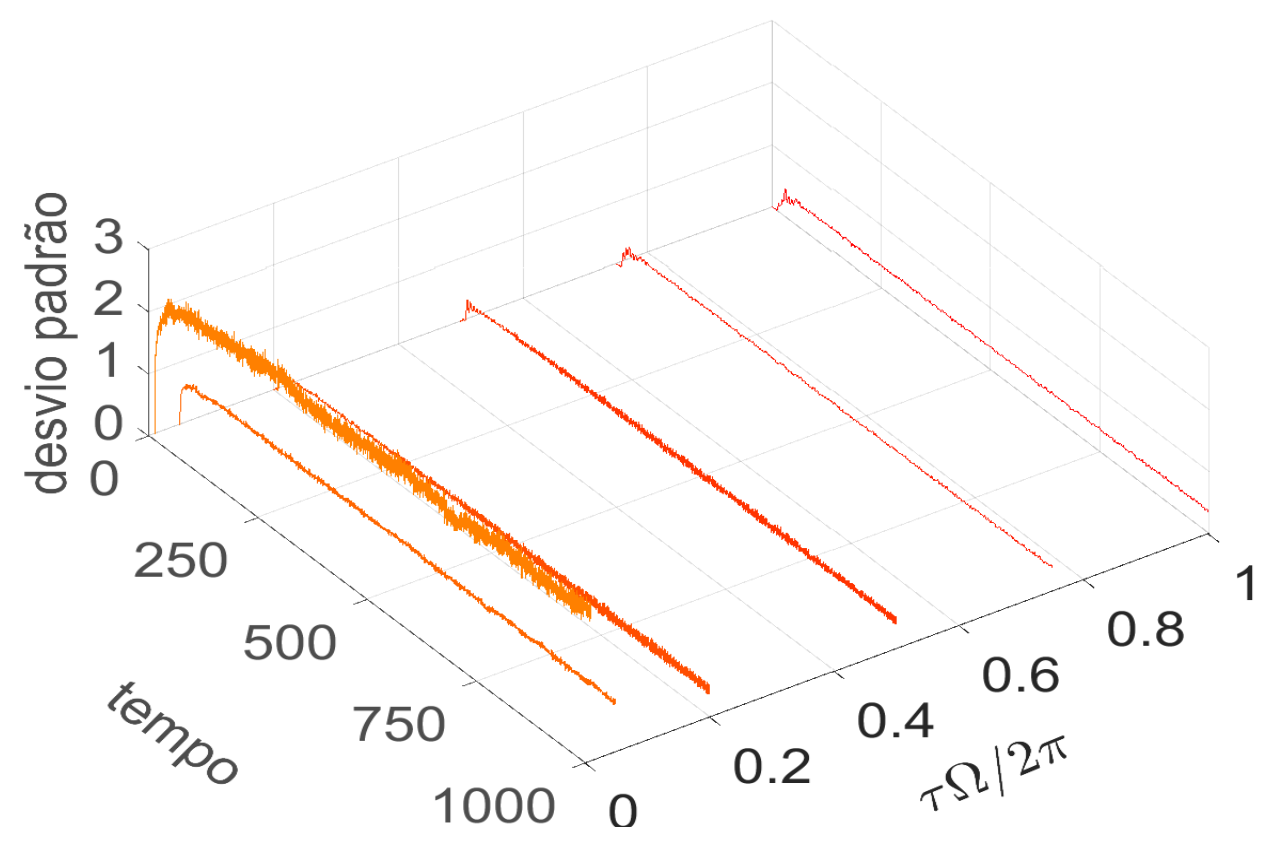
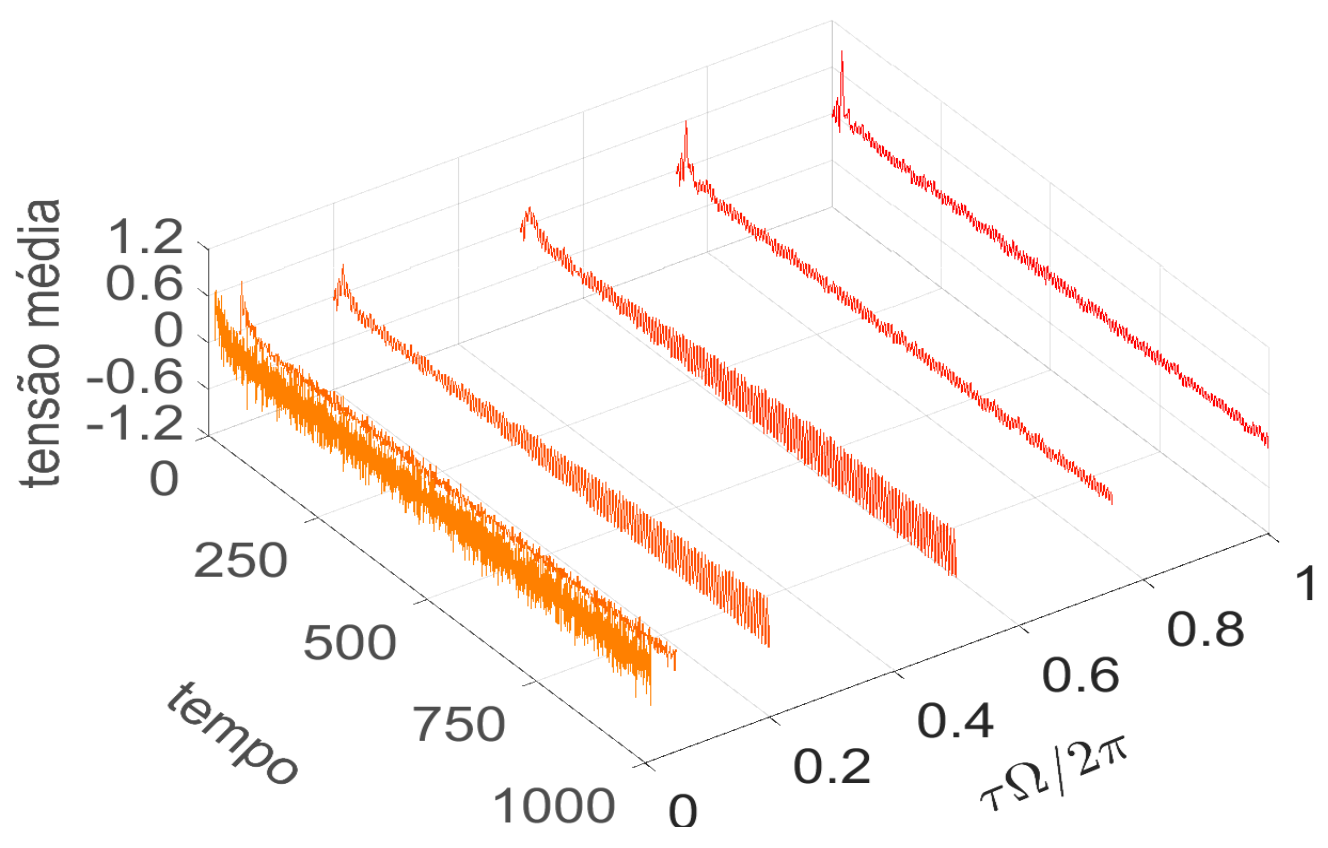
Histogramas para $\frac{\sigma}{f} \in [1\% \ 5\% \ 20\% \ 50\% \ 75\% \ 100\%]$, para $f = 0.083$ e $\Omega = 0.8$.



Histogramas para $\frac{\tau\Omega}{2\pi} \in [1\% \ 5\% \ 20\% \ 50\% \ 75\% \ 100\%]$, para $f = 0.083$ e $\Omega = 0.8$.



Médias, desvios-padrão, curtoses e assimetrias para $\frac{\sigma}{f} \in [1\% \ 5\% \ 20\% \ 50\% \ 75\% \ 100\%]$, para $f = 0.083$ e $\Omega = 0.8$.



Médias, desvios-padrão, curtoses e assimetrias para $\frac{\tau\Omega}{2\pi} \in [1\% \ 5\% \ 20\% \ 50\% \ 75\% \ 100\%]$, para $f = 0.083$ e $\Omega = 0.8$.

Referências

- [1] F. Cottone, H. Vocca and L. Gammaitoni, Nonlinear Energy Harvesting *Physical Review Letters*, 102: 080601, 2009. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.102.080601>
- [2] 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>
- [3] M. A. A. Abdelkareem et al, Vibration energy harvesting in automotive suspension system: A detailed review, *Applied Energy*, 229, 2018 <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.030>
- [4] J. Sun and T. Yang and C. Wang and L. Chen, A flexible transparent one-structure tribo-piezo-pyroelectric hybrid energy generator based on bio-inspired silver nanowires network for biomechanical energy harvesting and physiological monitoring, *Nano Energy*, 48, 2018 <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.03.071>
- [5] Lopes, V. G.; Peterson, J. V. L. L.; Cunha Jr., A. . The nonlinear dynamics of a bistable energy harvesting system with colored noise disturbances, In: Conference of Computational Interdisciplinary Science (CCIS 2019), 2019.
- [6] Lopes, V. G.; Peterson, J. V. L. L.; Cunha Jr., A. . Nonlinear characterization of a bistable energy harvester dynamical system. Mohamed Belhaq. Topics in Nonlinear Mechanics and Physics: Selected Papers from CSNDD 2018, 228, Springer International Publishing, 2019, Springer Proceedings in Physics, 978-981-13-9462-1.
- [7] Lopes, V. G.; Peterson, J. V. L. L.; Cunha Jr., A. .Exploring the nonlinear dynamics of bistable energy harvester. In: XVIII International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics (DINAME 2019), 2019.
- [8] Peterson, J. V. L. L. ; Lopes, V. G. ; Cunha Jr, A. . Numerically exploring the nonlinear dynamics of a piezo-magneto-elastic energy harvesting device, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* (em revisão)