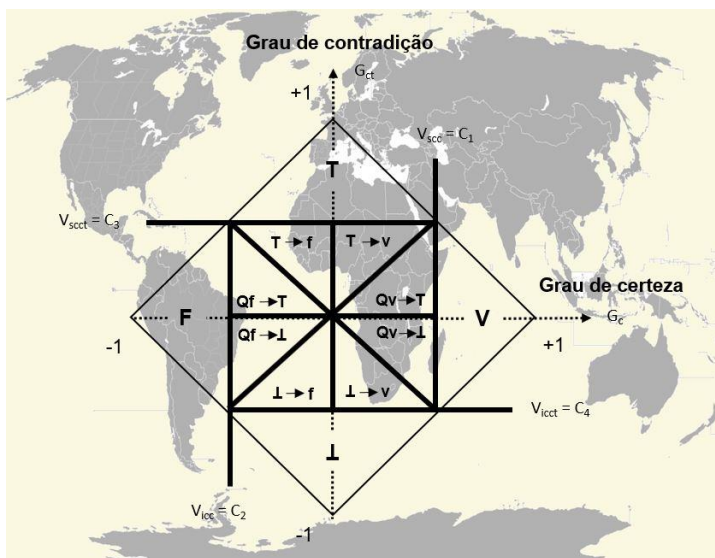
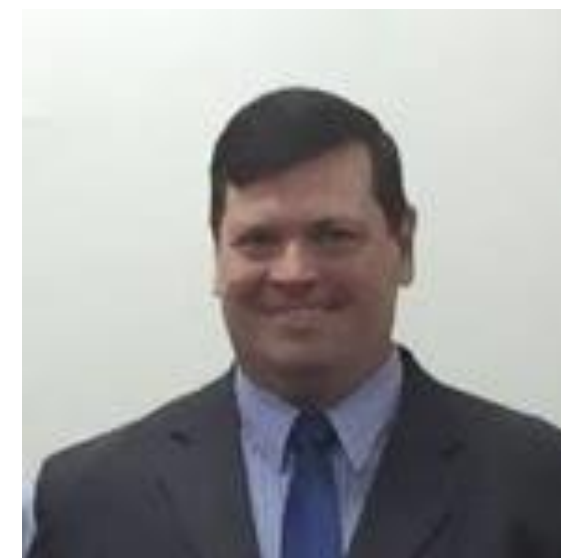


Nonlinear System Identification for Control (I4C) by PAL2v



Resumo do artigo: "*Rotary Inverted Pendulum Identification for Control by Paraconsistent Neural Network,*" in *IEEE Access*, doi:10.1109/ACCESS.2021.3080176.



Breve Currículo:

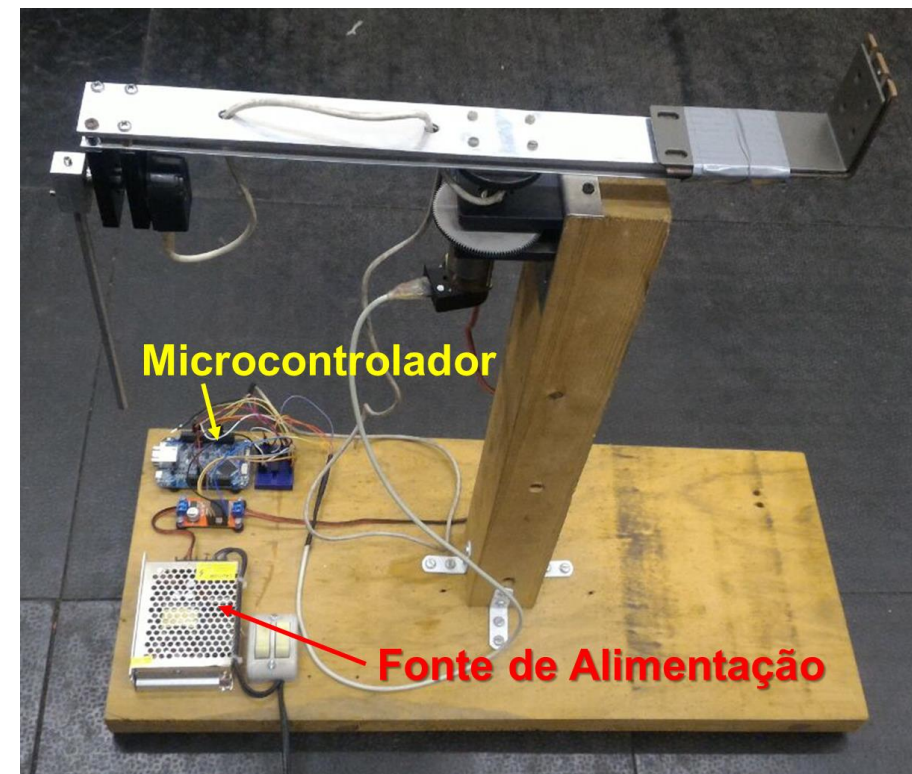
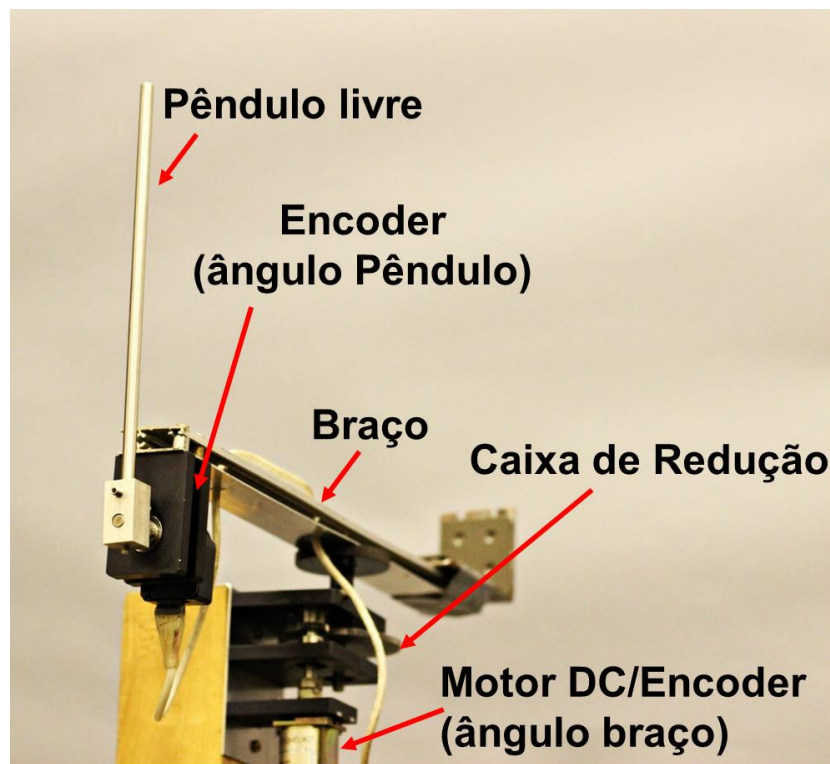
Doutorando em Eng. Elétrica pela POLI/USP (2018-2022), Mestre em Eng. Mecânica (2017). MBA em Gestão Empresarial (2001). Graduação em Eng. em Eletrônica (1991). Formação Técnico em Eletrônica (1984). Formação pedagógica de nível Secundário - ESQUEMA I em (1995), Ensino Superior (2002) e em Ensino à Distância - EAD (2004). Professor de cursos técnicos profissionalizantes desde 1990. Professor universitário (Cursos de Engenharia e Tecnologia) desde 2003. Certificações profissionais obtidas em Gerenciamento de Projetos - PMP (2012), Wireless CWNA (2010) e Cisco CCNA e CCNP de Router / Switch (2011). Possui 30 anos de experiência profissional, atuando por grandes empresas multinacionais em vários países da América Latina, EUA, Europa e China, tais como: treinamentos, seminários, apresentações, defesa de projeto e negociações técnicas. Idiomas Inglês e Espanhol Fluente, básico de Francês. Especialista em Redes de Computadores, Redes Industriais, Comunicações Sem Fio (Telefonia Celular 2G/3G/4G e WLAN) e Sistemas Especialistas. Pesquisador dos grupos de pesquisa Labmax e AutomSystem do IFSP e do Grupo de Lógica Paraconsistente Aplicada em Sistemas Inteligentes da UNISANTA.

PREMISSAS (1)

- a) Identification for Control (I4C): A abordagem de identificação do modelo orientada para o controle de um sistema, quando o modelo é válido apenas nas condições de contorno desta finalidade (Gevers, 2005; Schoukens and Ljung, 2019).
- b) Rotary Inverted Pendulum (RIP) como sistema não linear: O RIP consiste em um braço acionado que gira no plano horizontal (H). Preso ao braço está um pêndulo, que está livre para oscilar no plano vertical (V). O razão é que o RIP carrega vários recursos, como não linearidade, dinâmica rápida, múltiplas variáveis e movimento espacial multidimensional, permitindo a avaliação de vários elementos da moderna teoria de controle (Seman, 2013; Chandran, 2015).

PREMISSAS (2)

c) Considerando-se as premissas anteriores, o RIP foi identificado em controle de enlace fechado.

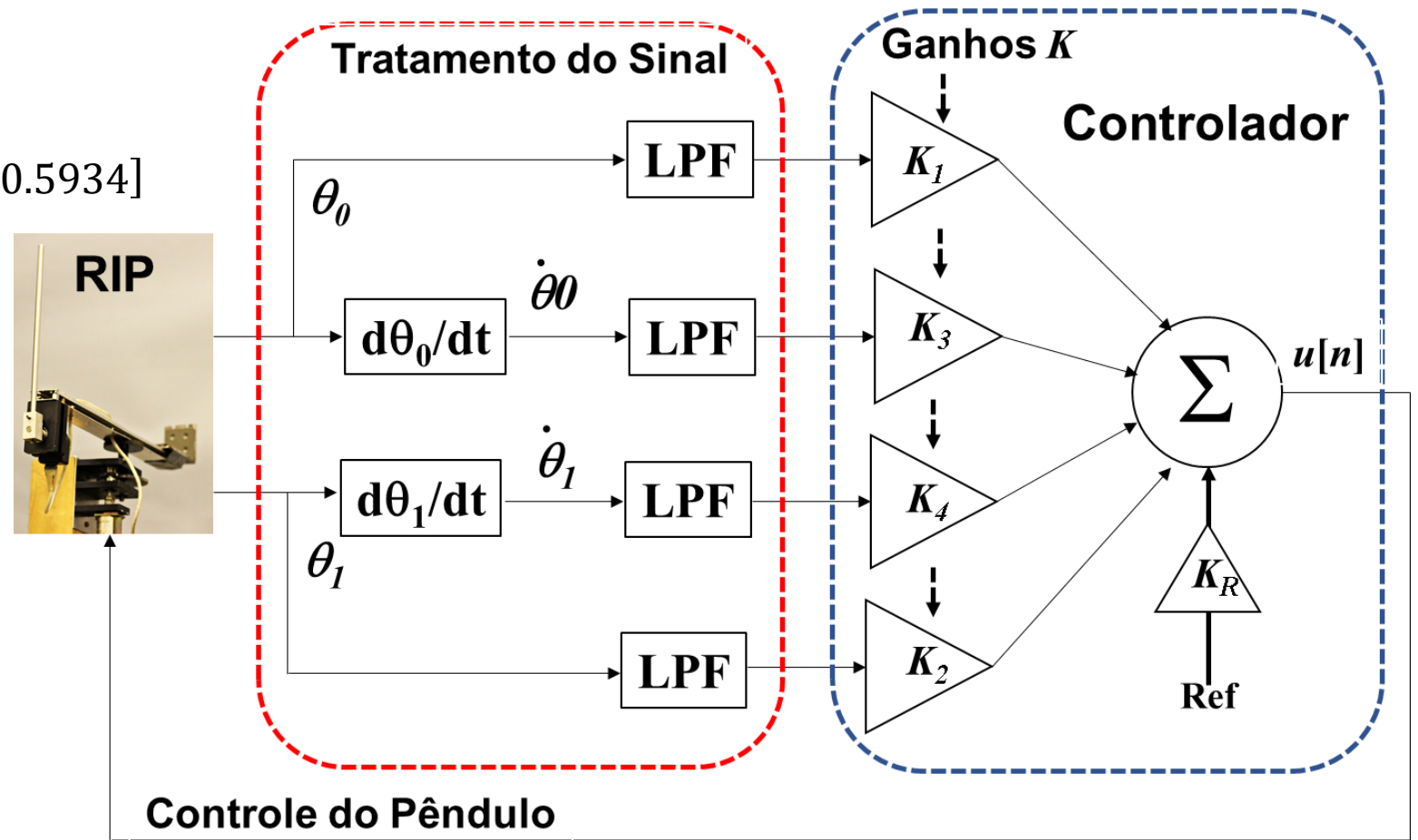


PREMISSAS (3)

d) Controle de Referência: Alocação por Polos [-2, -2.5, -11, -10]

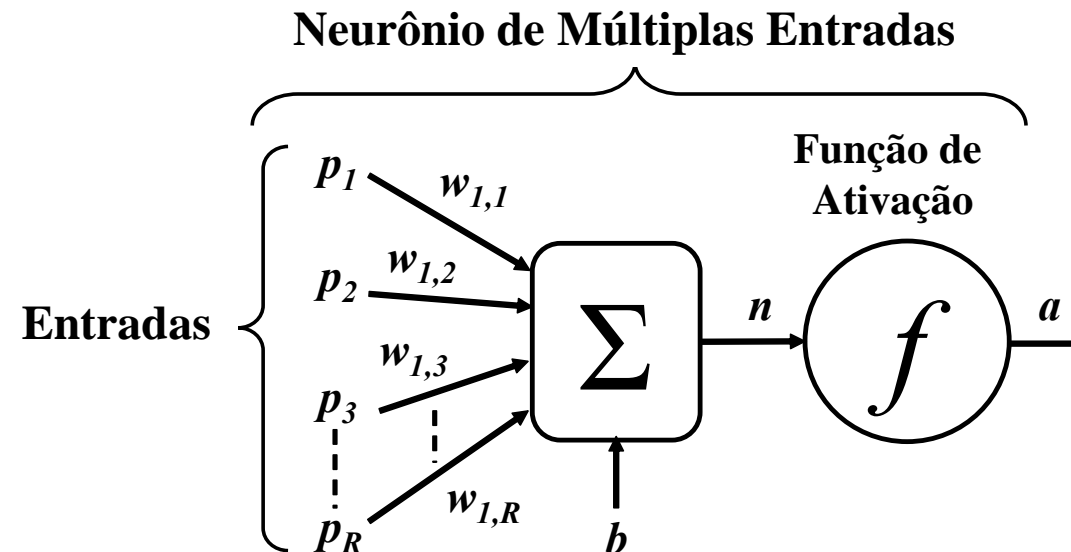
$$u[k] = -K[k].x[k]$$

$$K = [-0.2160 \quad -5.3459 \quad -0.2563 \quad -0.5934]$$



PREMISSAS (4)

- e) Redes Neurais são utilizadas para aproximação de funções ou reconhecimento de padrões. Devido as suas características, a RNA é uma ferramenta poderosa para identificação e controle do sistemas dinâmicos (Hagan *et al.*, 2014).
- f) Para um neurônio ser “treinável”, a função deve ser não linear e derivável (Apicella, 2021).



e) Funções de Ativação “Treináveis” (Apicella, 2021):

Log-sigmoide

$$a = \sigma(n) = \frac{1}{1 + e^{-n}}$$
$$\sigma'(n) = \sigma(n)(1 - \sigma(n))$$

Tangente hiperbólica sigmoide

$$a = \tanh(n) = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$$
$$\tanh'(n) = 1 - \tanh^2(n)$$

Unidade Retificadora Linear (ReLU)

$$a = \text{ReLU}(n) = \begin{cases} 0 & \text{if } n \leq 0 \\ n & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$\text{ReLU}'(n) = \begin{cases} 0 & \text{if } n \leq 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

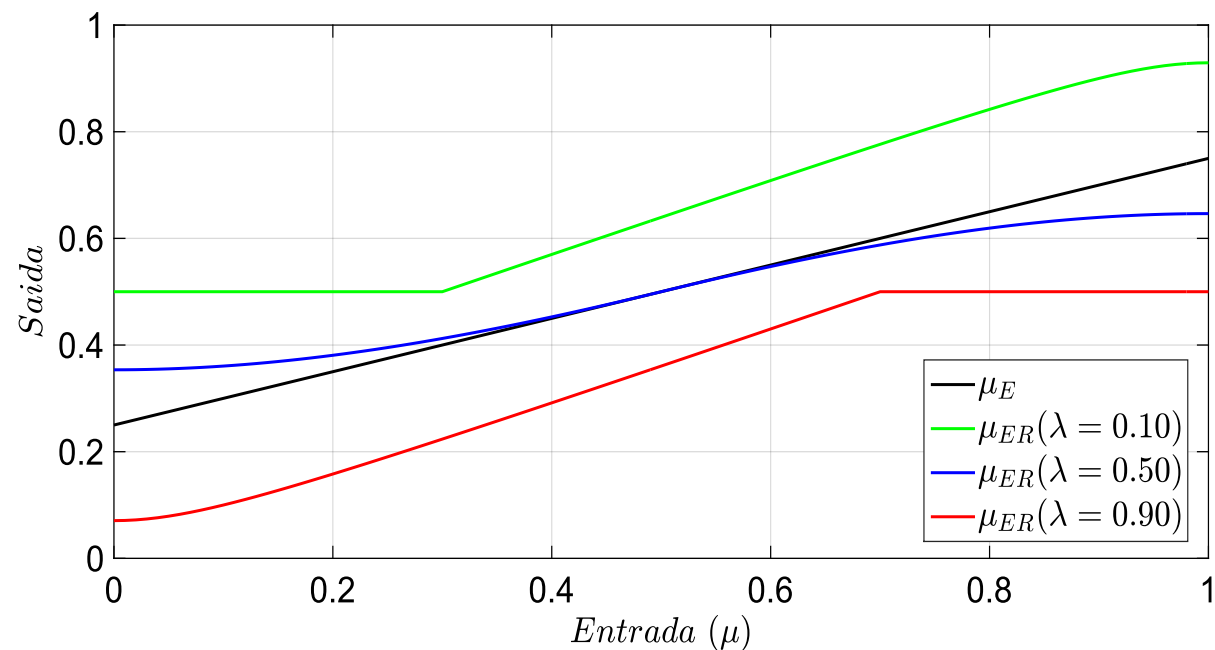
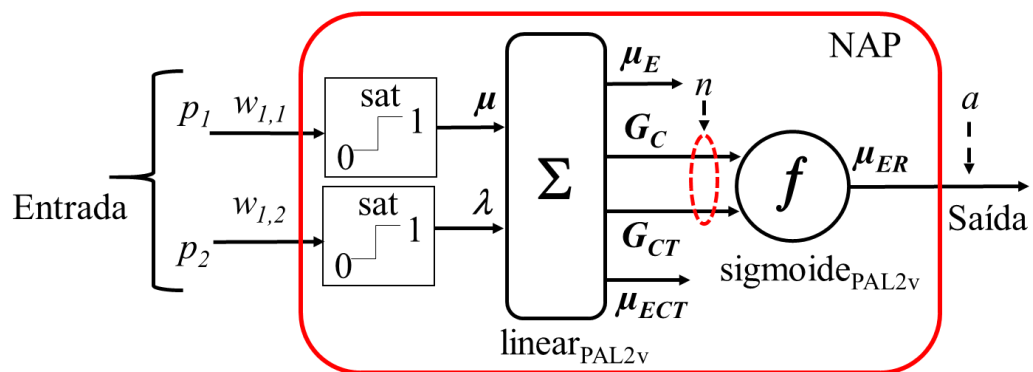
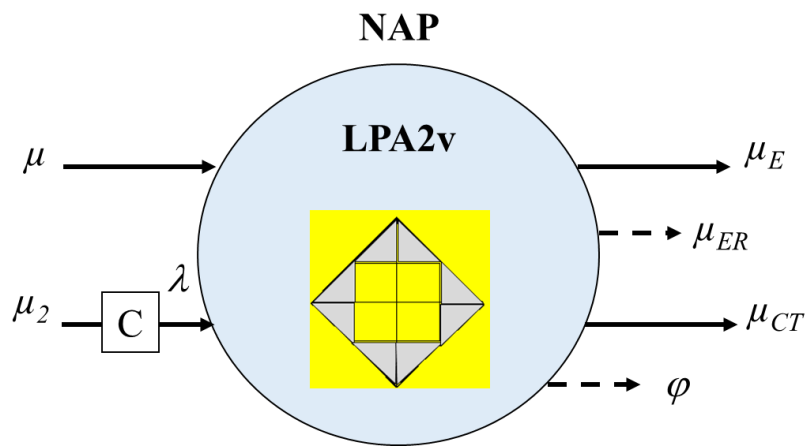
Leaky ReLU

$$a = \text{LReLU}(n) = \begin{cases} \alpha n & \text{if } n \leq 0 \\ n & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$\text{LReLU}'(n) = \begin{cases} \alpha & \text{if } n \leq 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

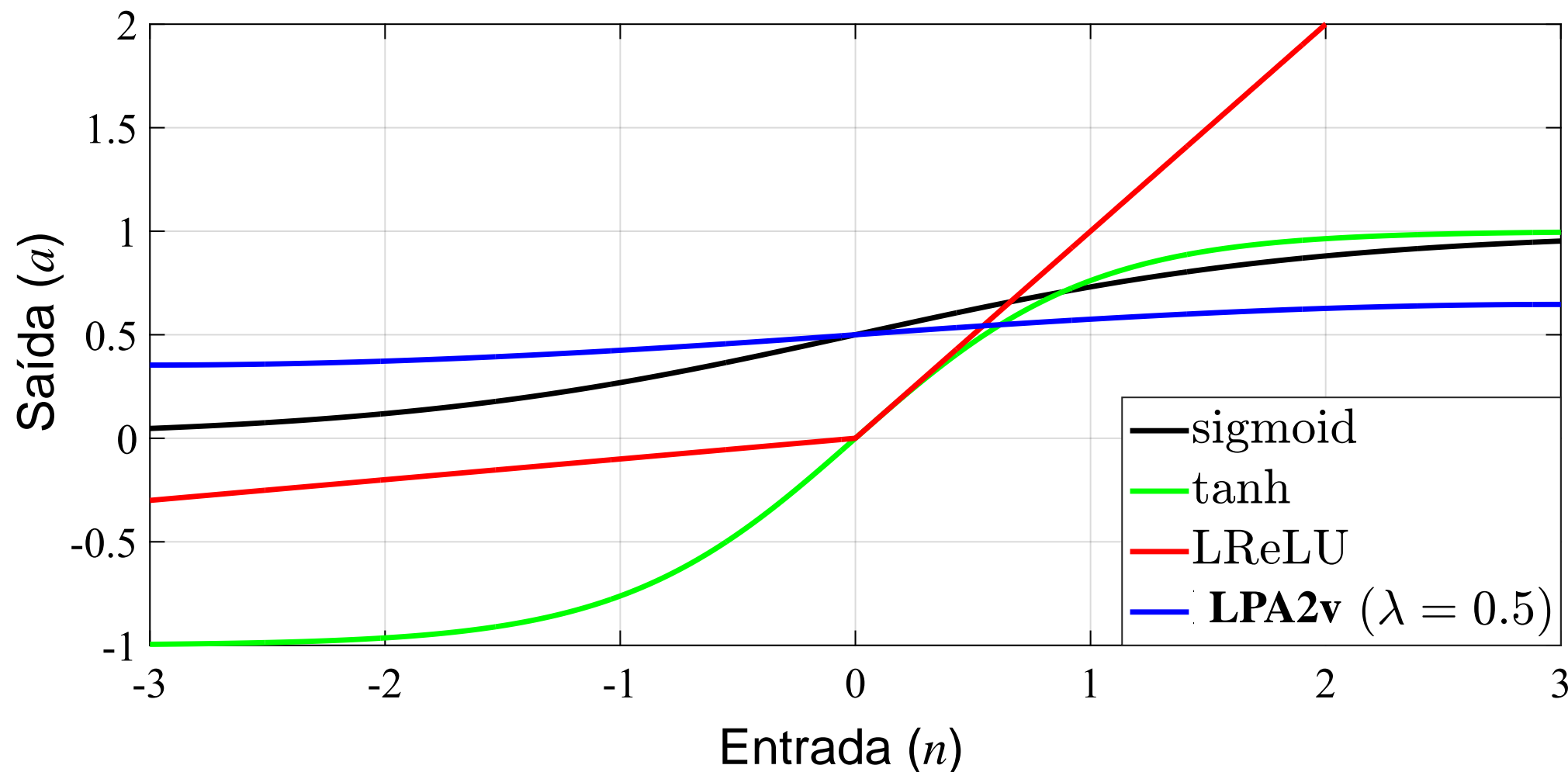
Proposta: LPA2v

- a) A lógica paraconsistente anotada evidencial – $LPAE_{\varepsilon\tau}$, ou lógica paraconsistente anotada com anotação de 2 valores – LPA2v é uma extensão da LP onde a anotação de valores de duas variáveis e suas proposições são representadas em um reticulado finito.
- b) Manipula sinais contraditórios**, com ação **mais rápida e confiável** para a decisão, onde informações para modelagem e controle são vagas, ambíguas ou inconsistentes (DA SILVA FILHO; ROCCO, 2008).
- c) Apresenta matemática de baixa complexidade, robusta, com poucas regras ou considerações e reversibilidade (não é uma “caixa-preta”).
- d) Algoritmos baseados na LPA2v oferecem maior velocidade de processamento, podendo ser implementados em sistemas de tempo real (DA SILVA FILHO *et al.*, 2016).

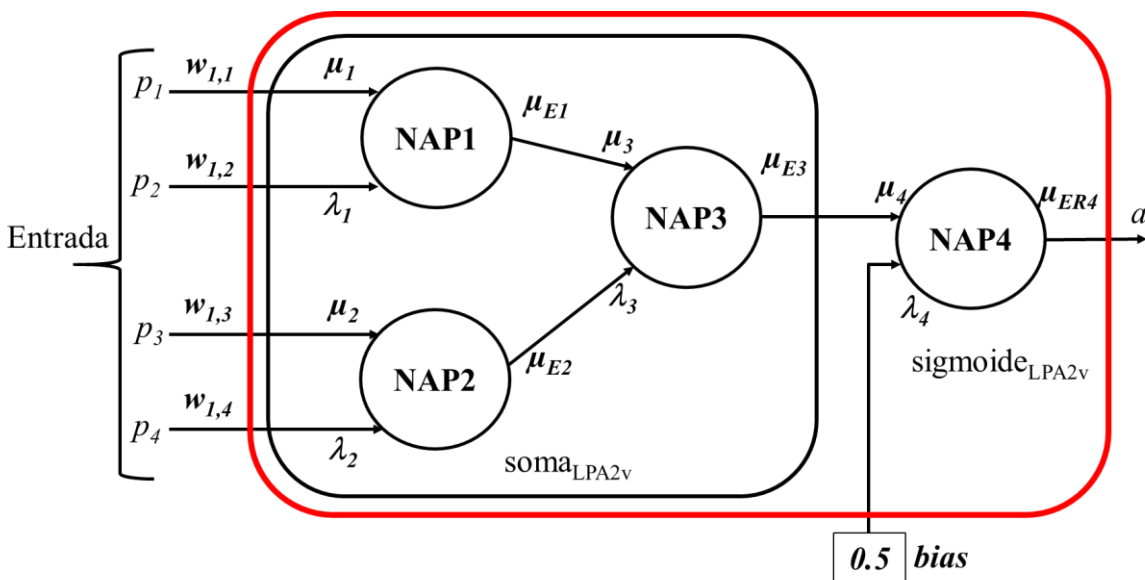
Função de Ativação LPA2v



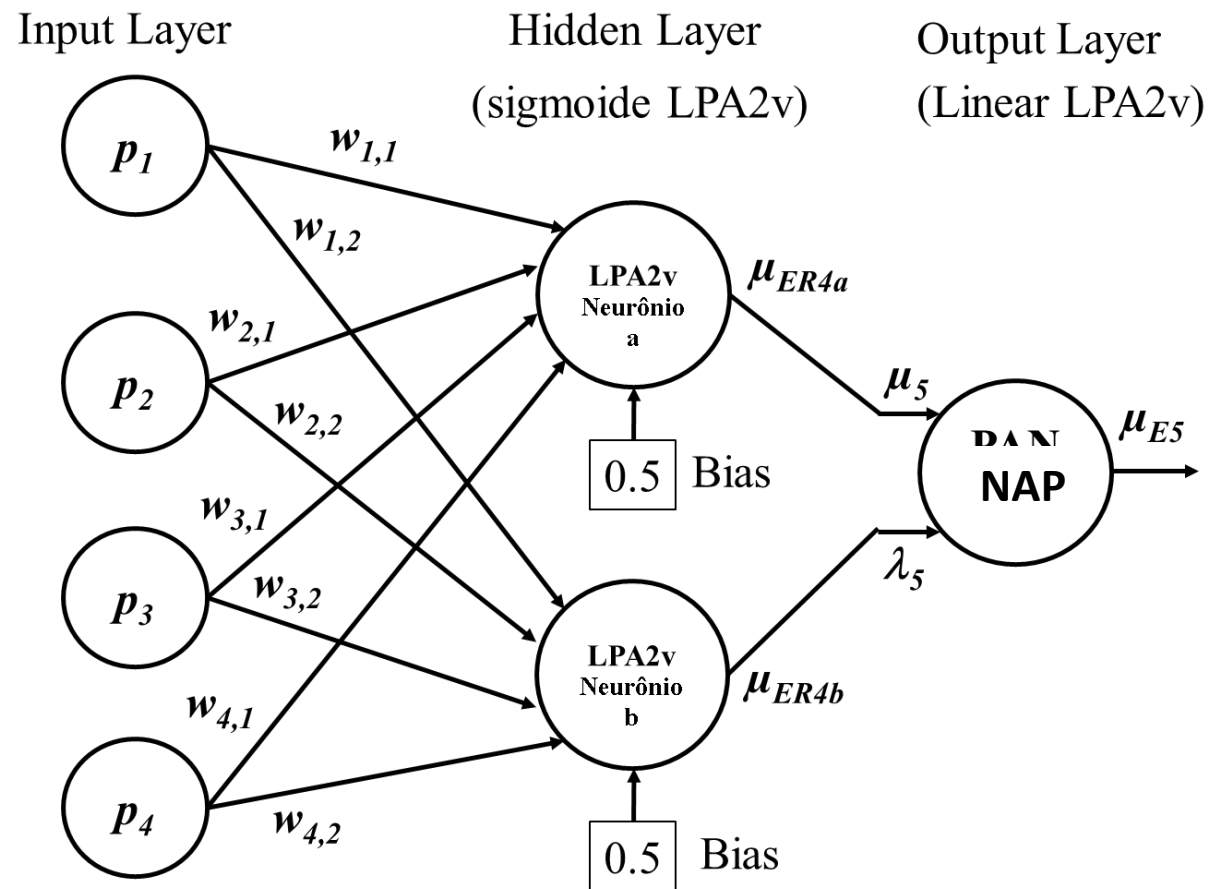
Função de Ativação LPA2v



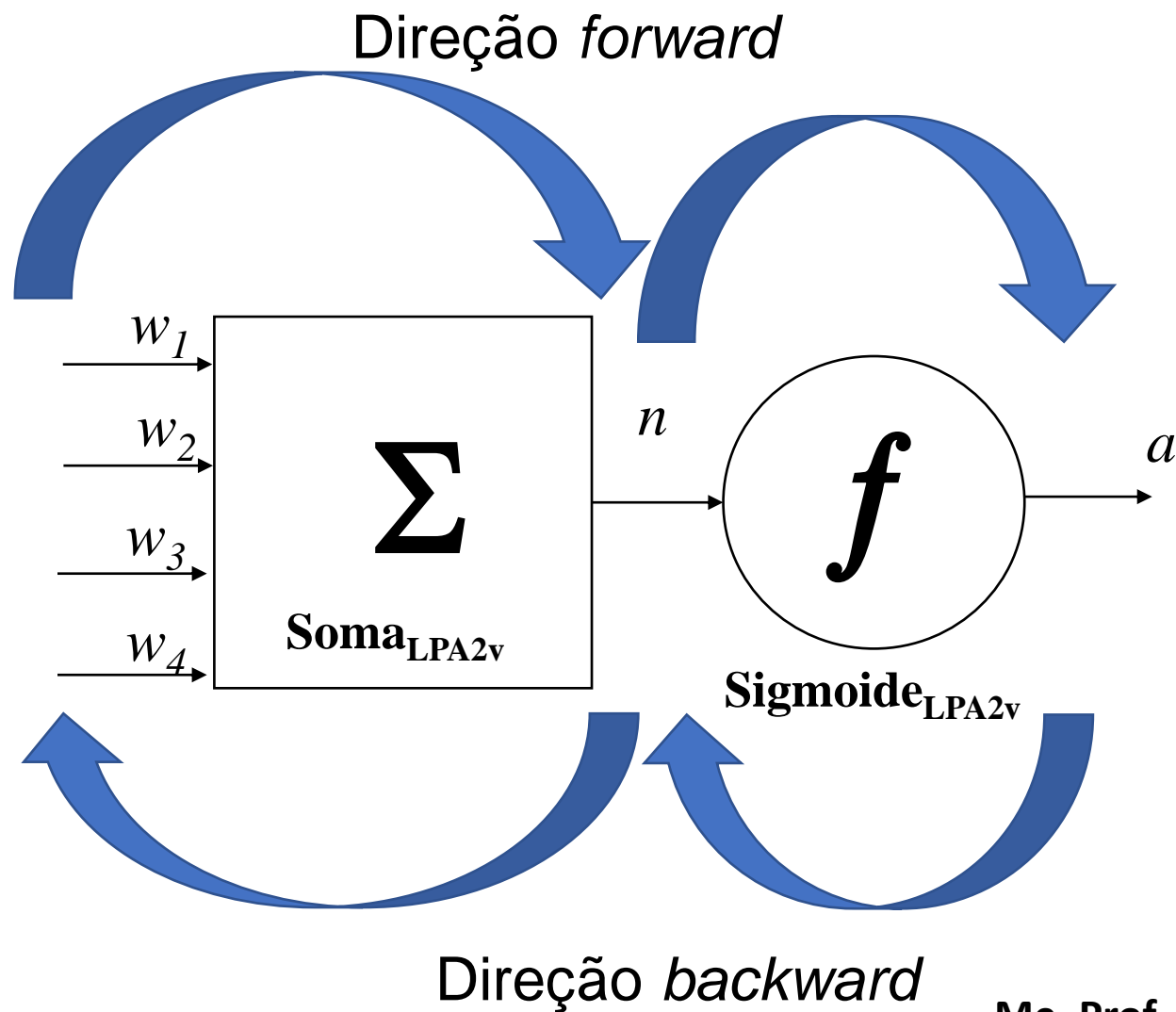
Neurônio LPA2v de 4 entradas

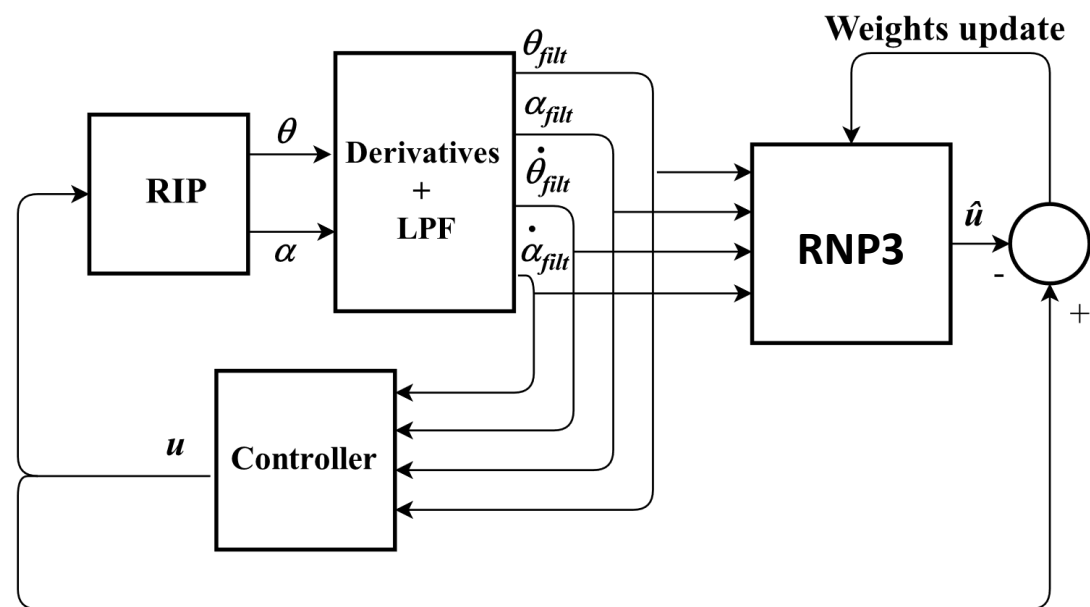
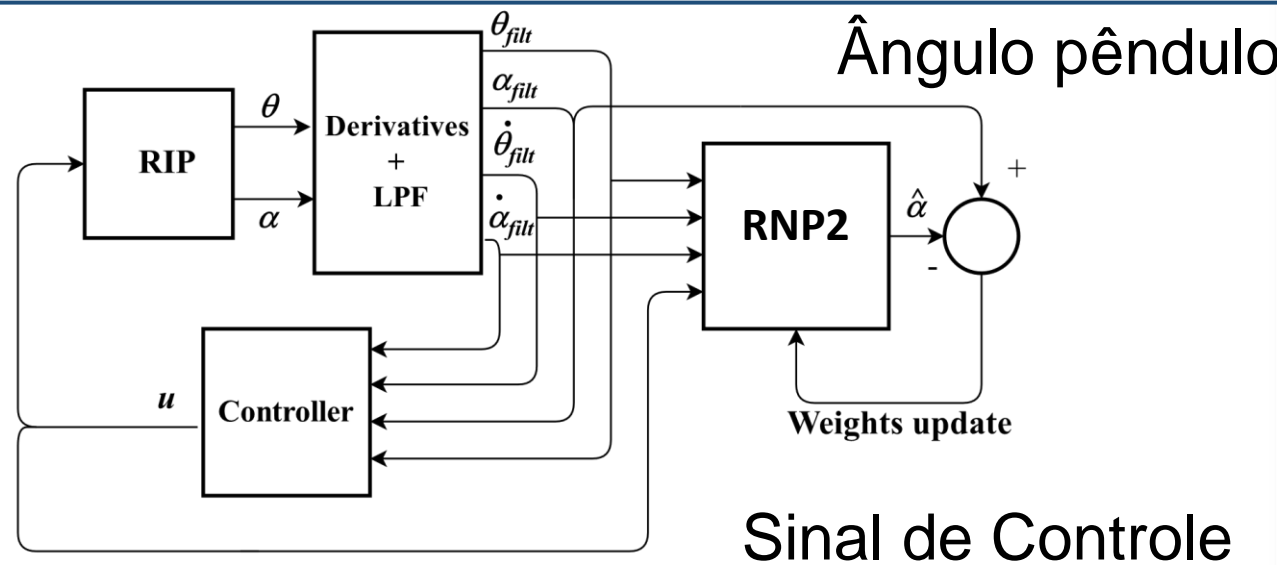
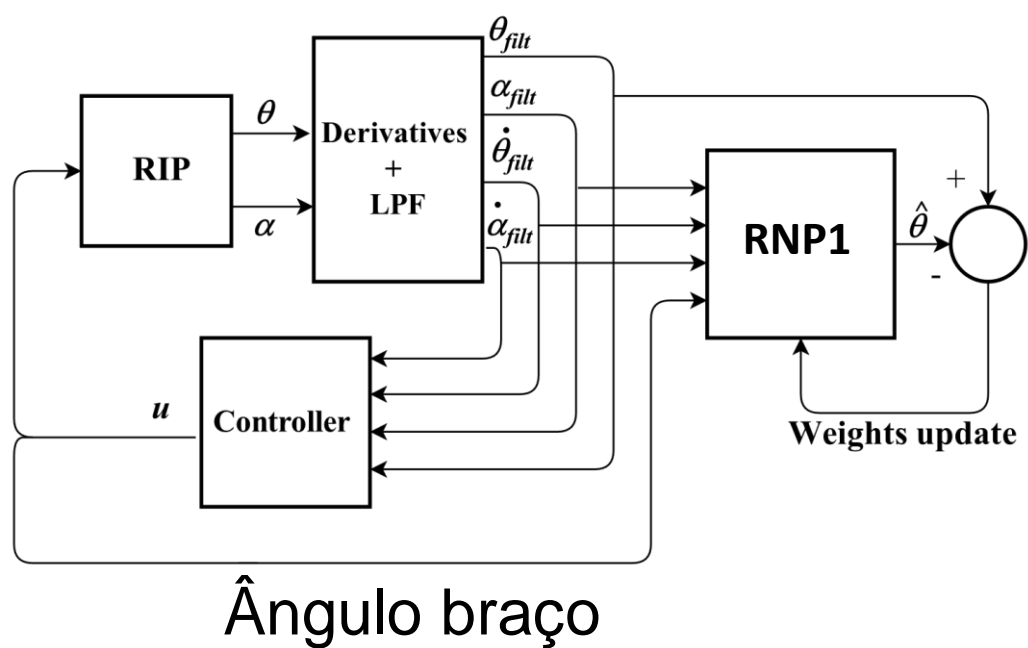


RNP com 2 neurônios LPA2v camada oculta

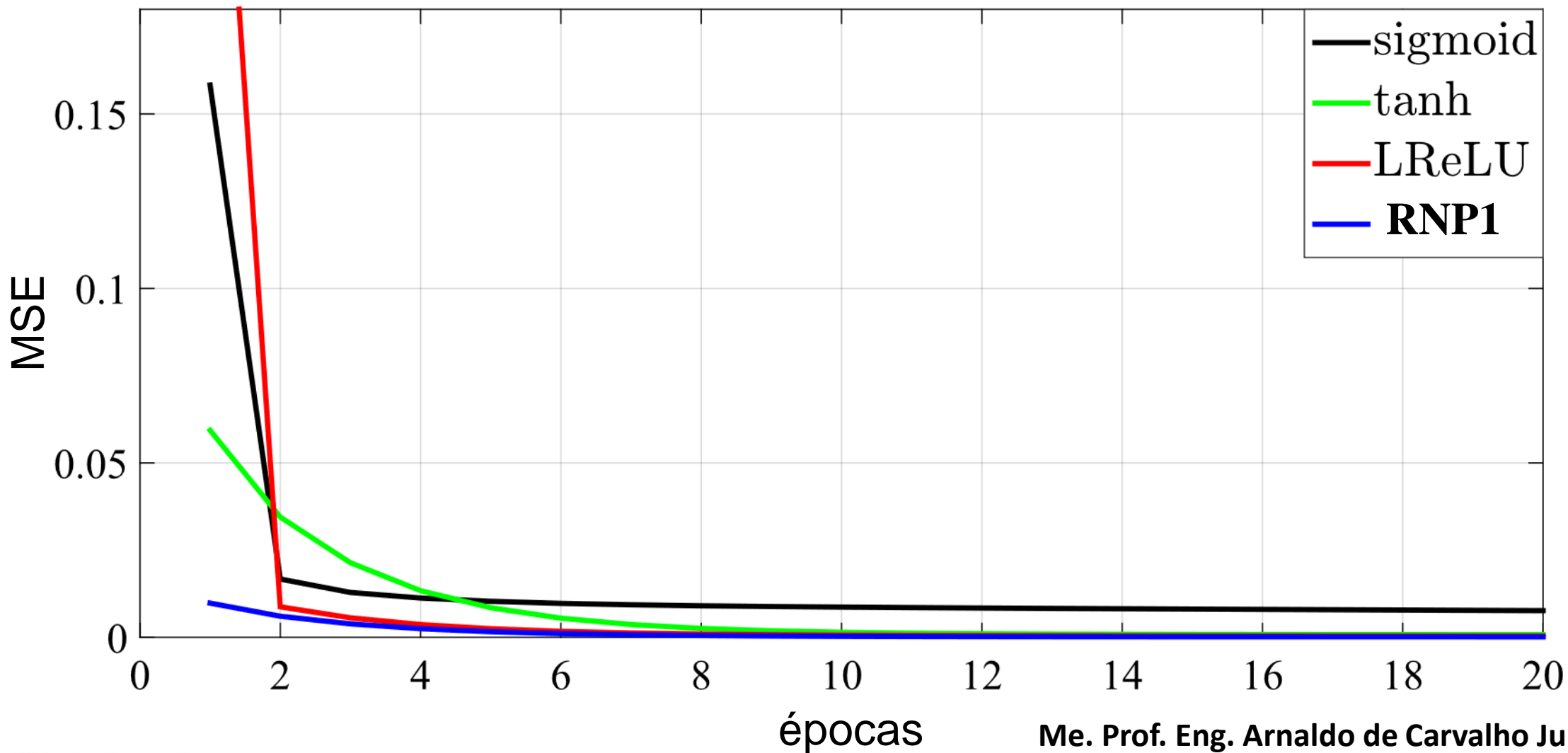


Rede Neural Paraconsistente

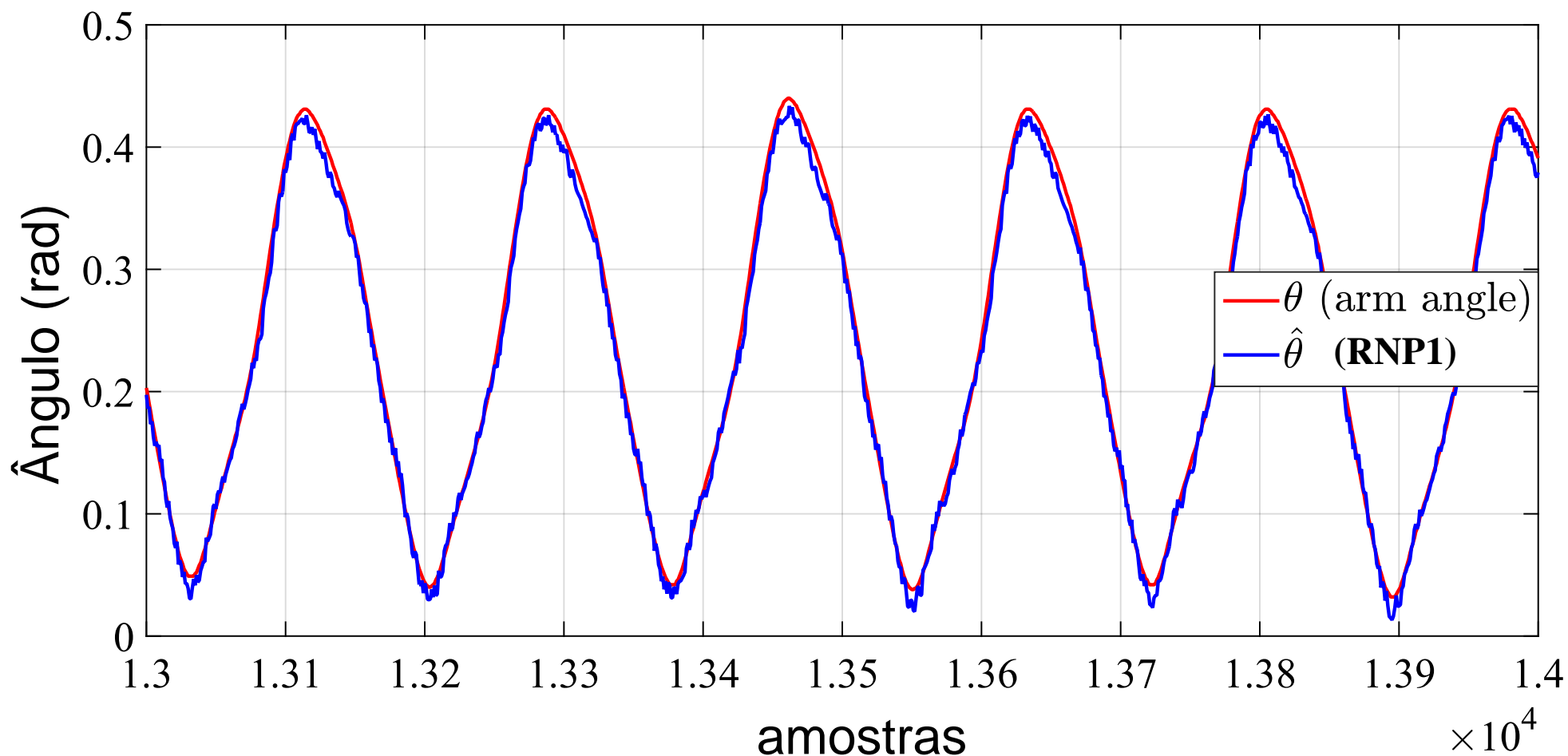




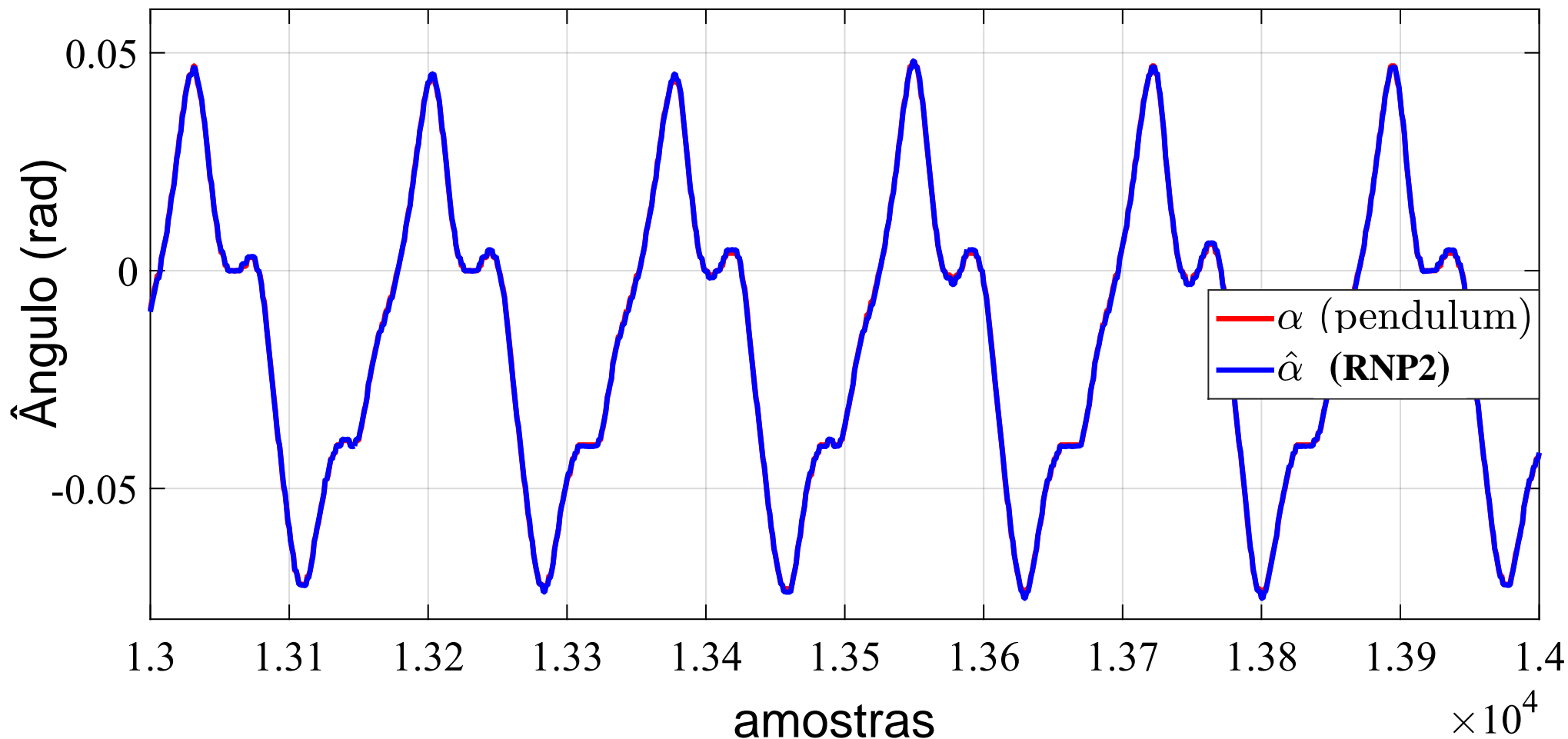
Comparação com Outras Redes Neurais



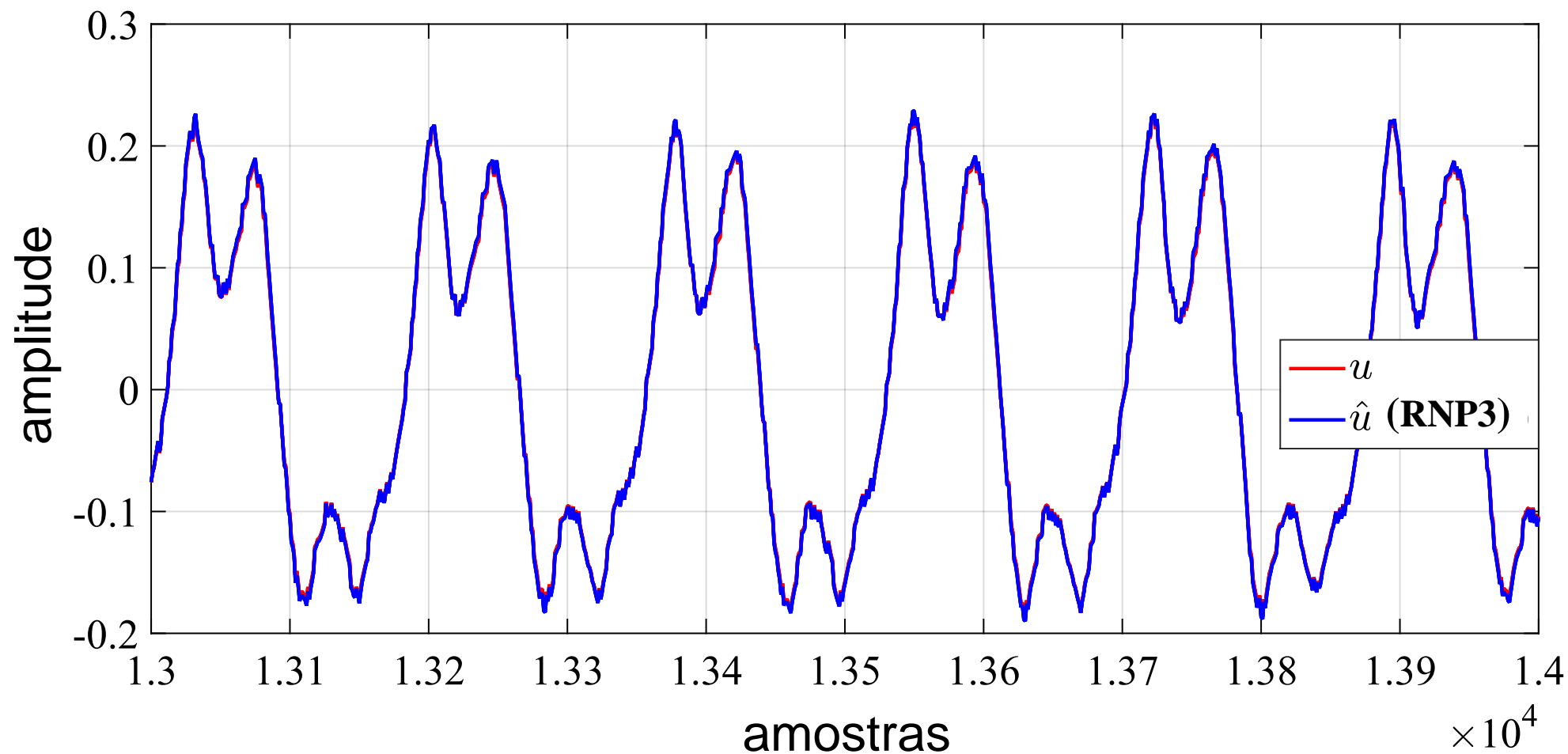
Aprendizado do Modelo do ângulo do braço (RNP2)



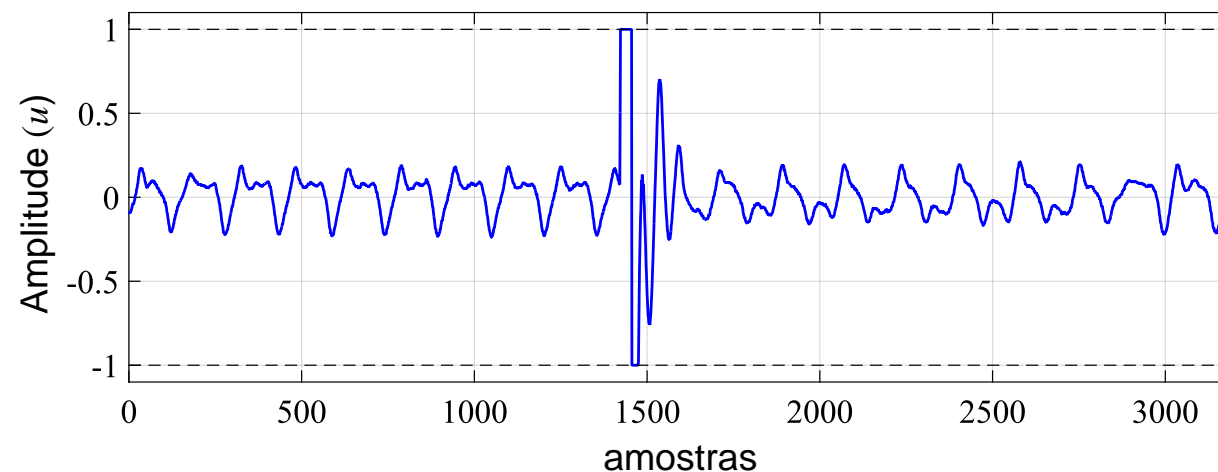
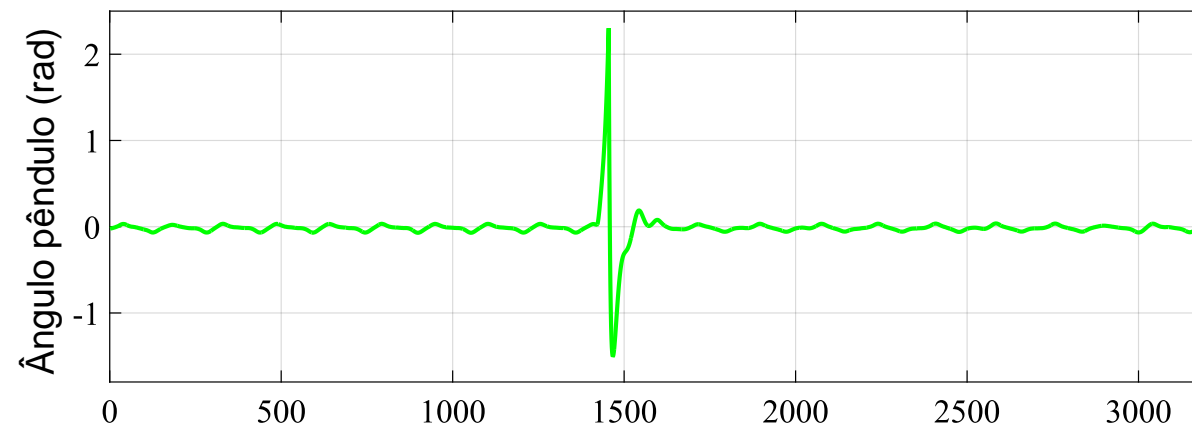
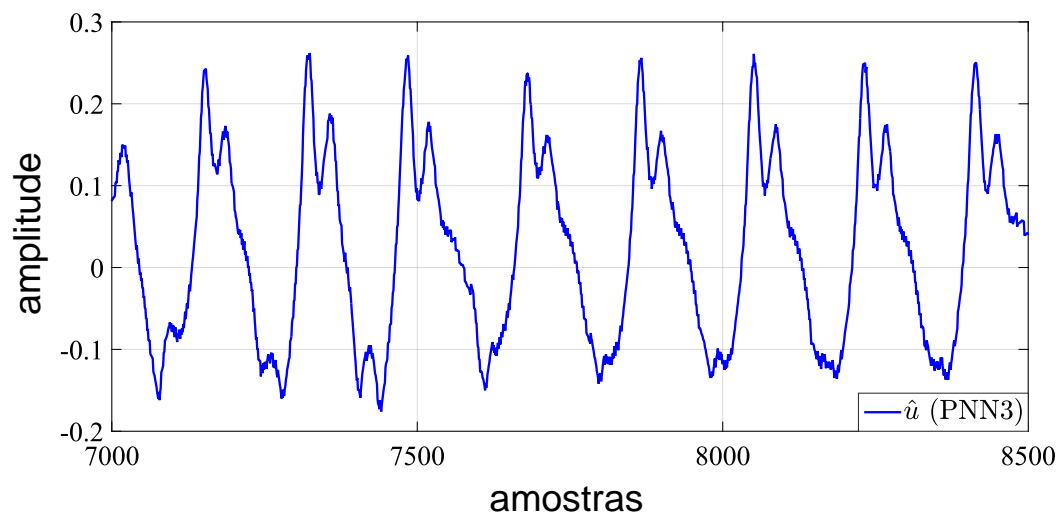
Aprendizado do Modelo do ângulo do pêndulo (RNP2)



Aprendizado do Modelo de controle (RNP3)



RNP3 como controlador – Teste de Robustez



Considerações Finais

- a) Objetivo de Rede Neural Paraconsistente (RNP) para I4C de RIP apresentou resultados interessantes.
- b) A RNP exigiu menos épocas e obteve baixo MSE, em comparação com a RNA padrão usando a função sigmóide, tangente hiperbólica ou Leaky-ReLU, em condições semelhantes.
- c) Com base nos resultados, as equações e regras da LPA2v podem ser utilizadas como funções de ativação, permitindo o projeto de RNPs.
- d) O microcontrolador executou o algoritmo RNP, mesmo com todas as declarações if-then exigidas por cada neurônio LPA2v, durante um curto tempo de amostragem (0,01 seg) sem perder o controle do RIP.
- e) Os resultados obtidos aqui para o RIP sugerem que o RNP é uma alternativa para aplicações em identificação e controle adaptativo de sistemas dinâmicos não lineares.
- f) A função de ativação LPA2v com 2 entradas ortogonais permite mais flexibilidade para o projetista distribuir e combinar os sinais entre estas entradas.
- g) RNPs mais complexas podem ser propostas.

Referências

DE CARVALHO JR, A; JUSTO, J. F.; DE OLIVEIRA, C. A. S.; DA SILVA FILHO, J. I. ***Rotary Inverted Pendulum Identification for Control by Paraconsistent Neural Network***, in IEEE Access, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3080176.

ABE, J. M.; NAKAMATSU, K.; DA SILVA FILHO, J. I. ***Three decades of paraconsistent annotated logics: A review paper on some applications***. Procedia Computer Science. Anais, Procedia Computer Science, Vol. 159, 2019, p 1175-1181.

Apicella, A.; *et al.*, ***A survey on modern trainable activation functions***, Neural Networks, Neural Networks, Vol. 138, pp. 14-32, 2021.

BORGES DE LIMA, A. W.; *et al.* ***Paraconsistent annotated logic artificial intelligence study in support of manager decision-making***. ACM International Conference Proceeding Series. Anais...2018, p. 154–157.

CARNIELLI, W.; CONIGLIO, M. E. LFIs ***Based on Other Logics***. In: ***Paraconsistent Logic: Consistency, Contradiction and Negation. Logic***, Epistemology, and the Unity of Science, vol 40, 2016, p. 171-236.

Chandran, D.; *et al.*, ***Model identification of rotary inverted pendulum using artificial neural networks***, in 2015 International Conference on Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering, RDCAPE 2015, 2015.

Coelho, M. S.; Da Silva Filho, J. I.; Côrtes, H. M.; **De Carvalho Jr, A.**; Blos, M. F.; Mario, M. C.; Rocco, A. ***Hybrid PI controller constructed with paraconsistent annotated logic***, Control Engineering Practice, Vol. 84, March 2019, Pages 112-124.

DA SILVA FILHO, J. I. ***Application of the Shannon Entropy in the construction of a Paraconsistent Model of the Athom***, Preprints 2019, 2019110250 (doi: 10.20944/preprints201911.0250.v1).

Referências

- DA SILVA FILHO, J. I. ***Analysis of the Spectral Line Emissions of the Hydrogen Atom with Paraquantum Logic***, Journal of Modern Physics, vol. 3, pp. 233-254, 2012.
- DA SILVA FILHO, J. I. ***Analysis of the Spectral Line Emissions of the Hydrogen Atom with Paraquantum Logic***, Journal of Modern Physics, vol. 3, pp. 233-254, 2012.
- DA SILVA FILHO, J. I. ***Treatment of Uncertainties with Algorithms of the Paraconsistent Annotated Logic. Journal of Intelligent Learning Systems and Applications***, vol. 4, nº 2, 2012, p. 144-153.
- DA SILVA FILHO, J. I. ***Algorithms based on paraconsistent annotated logic for applications in expert systems***. Chapter 1, Expert System Software: Engineering, Advantages and Applications, vol. 211, 2012, 40 p.
- DA SILVA FILHO, J. I.; et al. ***Support at Decision in Electrical Systems of subtransmission through selection of Topologies by a Paraconsistent Simulator***. IEEE Latin America Transactions, vol. 14, no. 4, 2016, p. 1993-1999.
- DA SILVA FILHO, J. I.; ROCCO, A. ***Power systems outage possibilities analysis by Paraconsistent logic. 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century***, Pittsburgh, PA, 2008, pp. 1-6.
- DE CARVALHO JR, A; JUSTO, J. F.; DE OLIVEIRA, C. A. S.; DA SILVA FILHO, J. I. ***Paraconsistent Logic Approach For Active Noise Reduction***, Journal of Mechatronics Engineering, vol. 3, issue 1, pag. 2-8 ,2020.

Referências

DE CARVALHO JR, A.; DA SILVA FILHO, J. I.; MARIO, M. C.; BLOS, M. F.; CRUZ, C. M. "***A Study of Paraconsistent Artificial Neural Cell of Learning Applied as PAL2v Filter***," in IEEE Latin America Transactions, vol. 16, no. 1, pp. 202-209, Jan. 2018.

DE CARVALHO, F. R.; ABE, J. M. ***A paraconsistent decision-making method***. Springer, 2018, 225 p.

Garcia, D. V.; Da Silva Filho, J. I.; Silveira Jr, L.; Pacheco, M. T. T.; Abe, J. M.; De Carvalho Jr, A.; Blos, M. F.; Pasqualucci, C. A. G.; Mario, M. C. ***Analysis of Raman Spectroscopy Data with Algorithms Based on Paraconsistent Logic for Characterization of Skin Cancer Lesions***, Vibrational Spectroscopy, Vol. 103, July 2019.

Gevers, M. ***Identification for control: From the early achievements to the revival of experiment design***, in European Journal of Control, Vol. 11, Issue 4-5, pp. 335-352, 2005.

Hagan, M. T.; *et al.*, ***Neural Network Design***. M. T. Hagan Ed. 2014.

Schoukens, J. and Ljung, L. ***Nonlinear System Identification: A User-Oriented Road Map***, IEEE Control Syst., Vol. 39, pp.28-99, 2019.

Seman, P. et al., ***Swinging up the furuta pendulum and its stabilization via model predictive control***, J. Electr. Eng., Vol. 64, Issue 3, pp. 152-158, 2013

ZAMANSKY, A. ***On recent applications of paraconsistent logic: an exploratory literature review***, Journal of Applied Non-Classical Logics, Vol 29, issue 4, pp. 382-391, 2019.

Nonlinear System Identification for Control (I4C) by PAL2v

MUITO OBRIGADO!

<https://sites.google.com/view/prof-arnaldo/atuação-profissional/publicações?authuser=0>

<https://sites.google.com/view/prof-arnaldo/inicio>

<http://lattes.cnpq.br/2801594081219451>

https://www.researchgate.net/profile/Arnaldo_Carvalho2

<https://www.linkedin.com/in/arnaldocarvalho/>

