



REDES NEURAIS ARTIFICIAIS RECORRENTES APLICADAS A MODELOS DINÂMICOS DE SISTEMAS DE COMPRESSÃO DE GÁS NATURAL.

GUILHERME S. FREIRE

RODRIGO L. MEIRA
LEONARDO S. DE SOUZA
MÁRCIO A. F. MARTINS



PaqTcPB
Fundação Parque
Tecnológico da Paraíba



ABEQ Associação Brasileira
de Engenharia Química



SEBRAE



CittA
Centro de
Inovação e
Tecnologia
Telmo Araújo

Introdução

As Redes Neurais Artificiais (RNA) são ferramentas eficazes para prever futuros estados em processos industriais, exigindo apenas uma coleta de dados consistente (NASCIMENTO; GIUDICI; GUARDANI, 2000).

Modelagem da RNA:

(A)
Modelo está
disponível

(B)
Modelo não está
disponível

Otimização:

(I)
Otimização
convenicional

(II)
Otimização pelo
mapeamento da função
objetivo

Introdução

Modelagem e otimização no processo de polimerização do nylon-6,6

(A) - (II)

Modelagem da RNA:

Otimização:

Modelo de rede neural para minimizar a geração de subprodutos em uma planta de produção de anidrido acético bruto.

(B) - (II)

(A)
Modelo está disponível

(B)
Modelo não está disponível

(I)
Otimização convencional

(II)
Otimização pelo mapeamento da função objetivo

Introdução

Neste trabalho, é apresentado um estudo de caso onde foi desenvolvida uma RNA, a partir dos dados produzidos de um modelo fenomenológico, para prever futuros estados de um sistema de compressão de gás natural, que apresenta comportamento instável devido a perturbações.

Modelagem da RNA:

(A)

Modelo está
disponível

(B)

Modelo não está
disponível

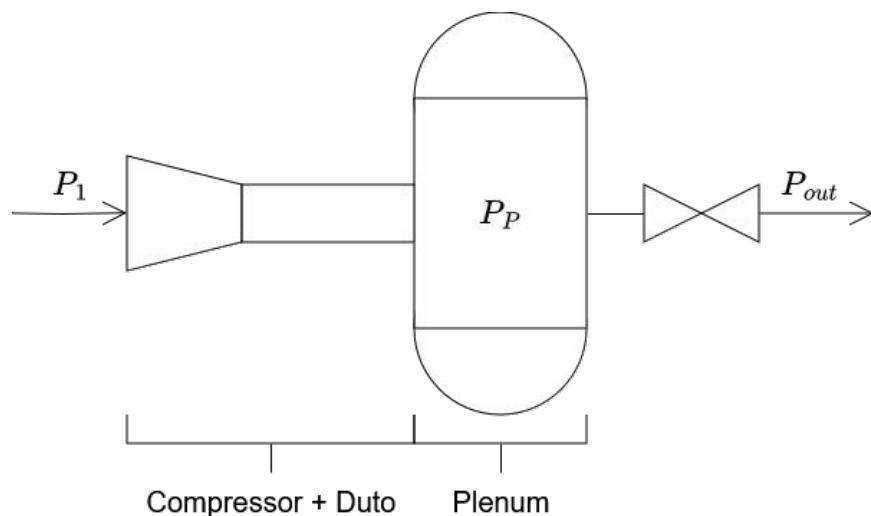
Objetivos

- Utilizar uma arquitetura de RNA recorrente em busca da otimização do tempo de cálculo e redução do custo operacional.
- Comparar os resultados com um método numérico baseado na modelagem fenomenológica do sistema, utilizando a biblioteca open-source CasADI.
- Criar um modelo substituto a partir dos dados coletados

Materiais e Métodos

Sistema de compressão

O sistema de compressão descrito (MOORE; GREITZER, 1986) é composto por um compressor centrífugo, um duto e um plenum.



$$\frac{d\dot{m}}{dt} = \frac{A_1}{L_C} (\phi(N(t), \dot{m}) P_1 - P_P(t))$$

$$\frac{dP_P}{dt} = \frac{C_1^2}{\nu_P} (\dot{m}(t) - \alpha(t) K_\nu \sqrt{P_P - P_{out}})$$

Materiais e Métodos

Sistema de compressão

$$\frac{d\dot{m}}{dt} = \frac{A_1}{L_C} (\phi(N(t), \dot{m}) P_1 - P_P(t))$$

- Balanço de Momentum

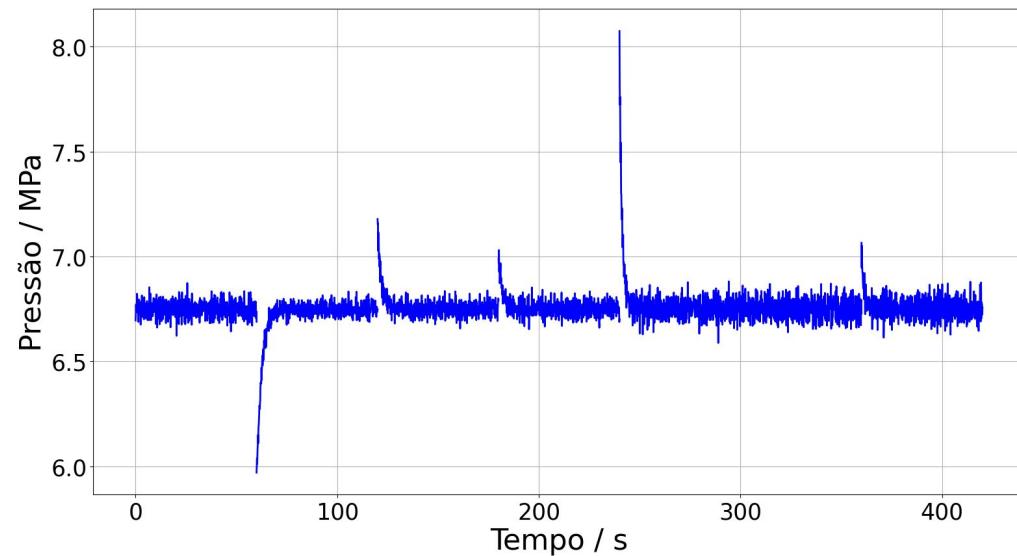
$$\frac{dP_P}{dt} = \frac{C_1^2}{\nu_P} (\dot{m}(t) - \alpha(t) K_v \sqrt{P_P - P_{out}})$$

- Balanço Politrópico

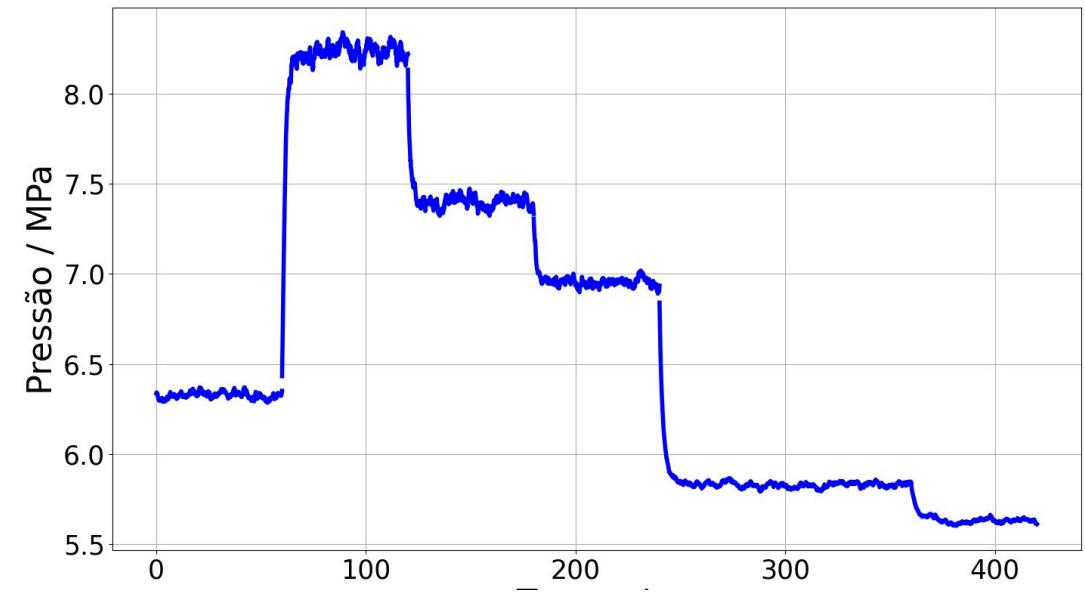
| | | | |
|---|------|----------------------------------|--------------------------------|
| \dot{m} - Vazão | Kg/s | a - Abertura da válvula | % |
| P_P - Pressão do Plenum | MPa | K_v - Coeficiente da válvula | $\text{kg kPa}^{0.5}/\text{s}$ |
| ϕ - Razão de entrada e saída do compressor | - | A_C - Área do duto | m^2 |
| P_1 - Pressão de entrada do compressor | MPa | L_C - Comprimento do duto | m |
| P_{out} - Pressão de saída do compressor | MPa | V_P - Volume do Plenum | m^3 |
| N - Velocidade de rotação do compressor | rpm | C_1 - Velocidade do som no gás | m/s |

Materiais e Métodos

Sistema de compressão



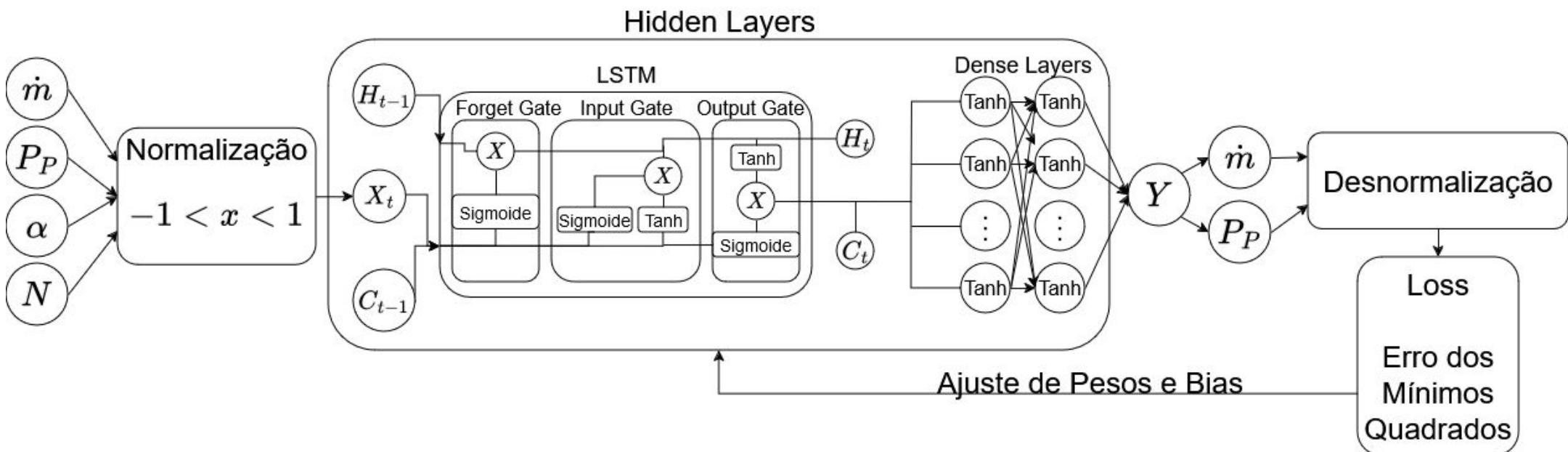
Mudança apenas da
abertura da válvula



Mudança apenas da
velocidade de rotação

Materiais e Métodos

RNA



Materiais e Métodos

RNA

A RNA teve como entradas a vazão, pressão do plenum, abertura da válvula e velocidade de rotação do compressor. Os desvios apresentam distribuição normal com média 0.

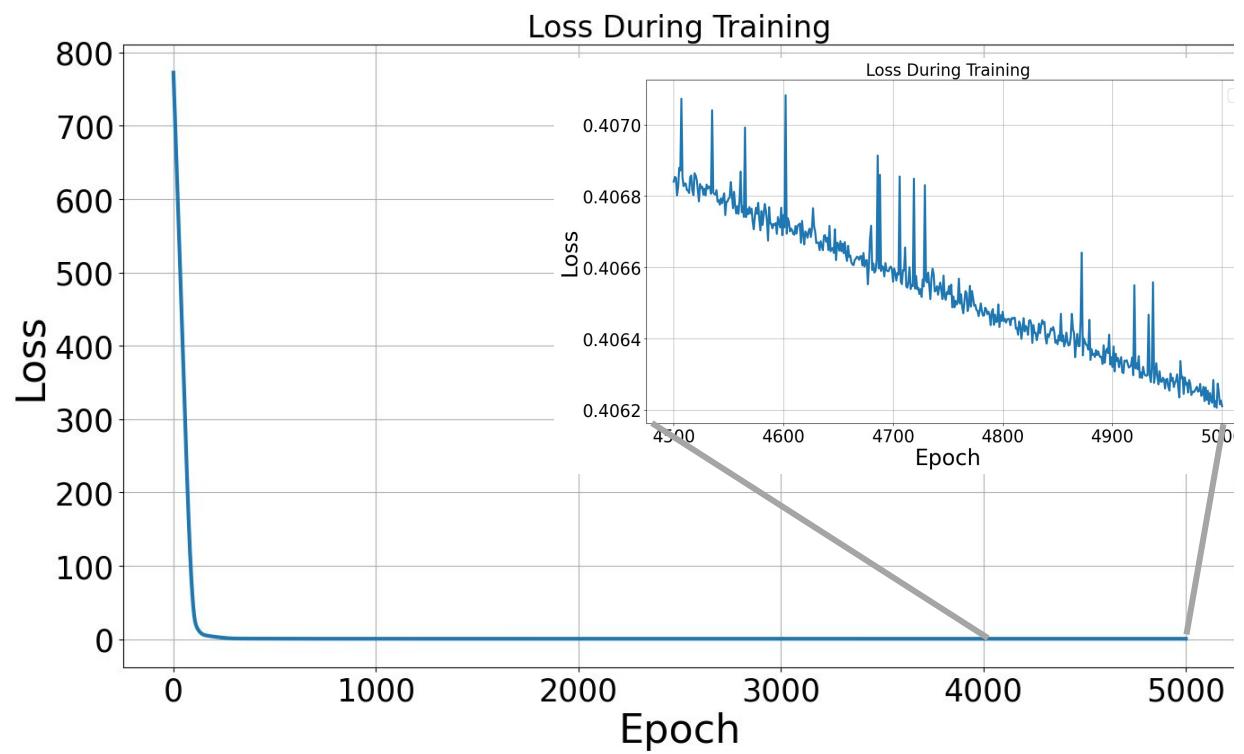
| | Vazão / Kg/s | Pressão / MPa | Abertura / % | Velocidade / rpm |
|---------|--------------|---------------|--------------|------------------|
| Mínimo | 3,5 | 5,27 | 35 | 27000 |
| Máximo | 12,3 | 10,33 | 65 | 50000 |
| Desvios | - | - | 0,5 | 1000 |

Materiais e Métodos

RNA

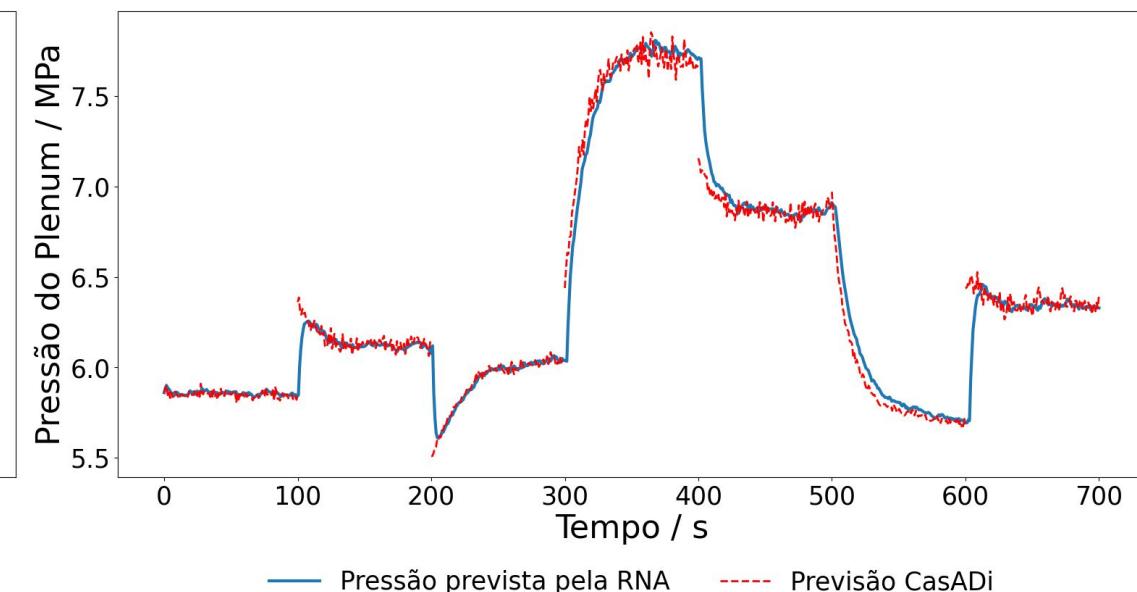
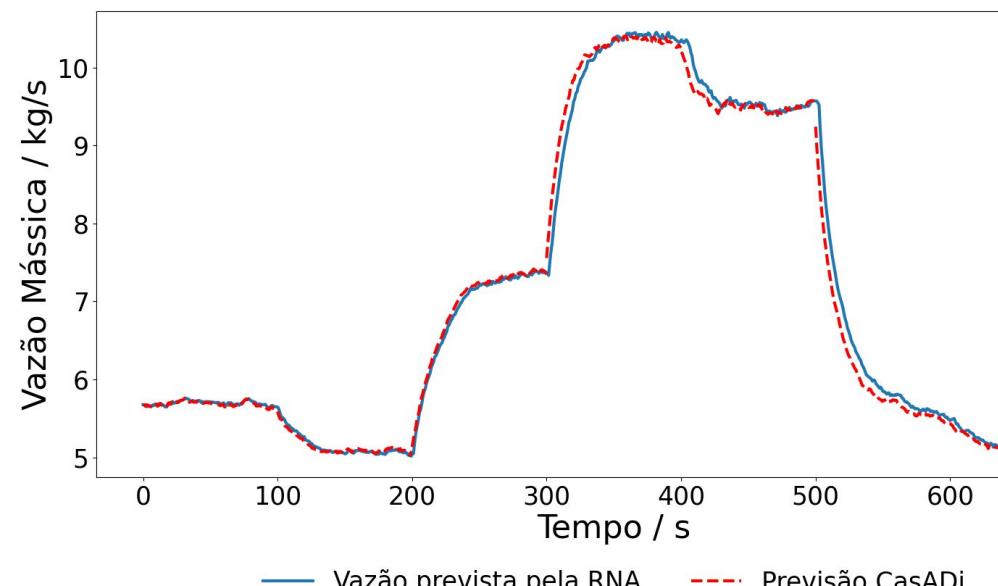
Hiperparâmetros:

- 60 Neurônios na primeira camada densa
- 32 Neurônios na segunda camada densa
- Batch size: 64
- 5000 epochs
- Otimizador: Adam
- Learning rate: 10^{-6}
- Loss mínima: 0,41



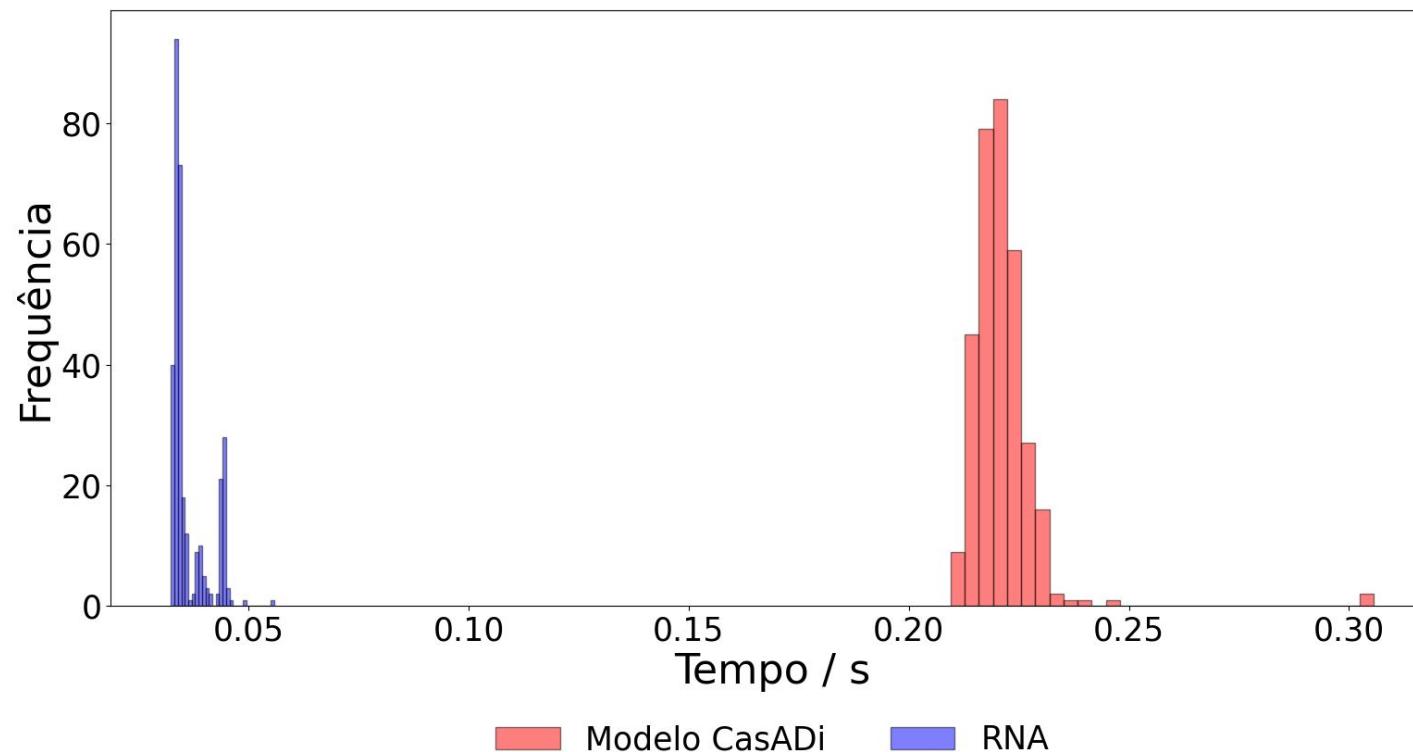
Resultados

Comparação de soluções encontradas



Resultados

Comparação de velocidade de solução de 325 exemplos



Conclusão

- O modelo da RNA foi, em média, 5.5 vezes mais rápido em comparação ao modelo de integração numérica comum;
- O modelo da RNA utilizou menos recursos;
- O uso de RNAs é vantajoso, principalmente quando os modelos fenomenológicos ainda não foram criados ou há alta dimensionalidade no problema.

Trabalhos Futuros

- Desenvolvimento de um controlador NMPC utilizando a RNA recorrente desenvolvida como modelo;
- Desenvolvimento de outra RNA com modelos fenomenológicos robustos e desenvolvimento de um novo NMPC

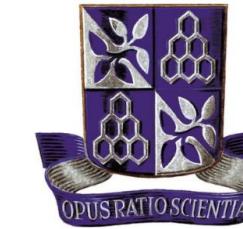
Agradecimento

Os autores gostariam de agradecer o suporte financeiro da ANP no âmbito do PRH 35.1.



anp

Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustiveis



Referências

- Rodrigo L. Meira, Márcio A.F. Martins, Ricardo A. Kalid, Gloria M.N. Costa, Implementable MPC-based surge avoidance nonlinear control strategies for non-ideally modeled natural gas compression systems, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 102, 2022.
- Cláudio Augusto Oller Nascimento, Reinaldo Giudici, Roberto Guardani, Neural network based approach for optimization of industrial chemical processes, Computers & Chemical Engineering, Volume 24, Issues 9–10, 2000, Pages 2303-2314.