

USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ANÁLISE HIDRODINÂMICA DE ESCOAMENTOS MULTIFÁSICO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

SOFIA PAGLIARINI¹; MARLON M HERNANDEZ-CELY²

¹ Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias CENG—sofiapagliarini@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias CENG— marlon.cely@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

No mundo tecnológico atual, as buscas por evoluções nos processos industriais são constantes, por isso o surgimento da indústria 4.0, com seu grande pilar como a inteligência artificial (IA), vem para resolver possíveis empecilhos. Pesquisas foram feitas, em especial na área de automação industrial, focadas em processos petroquímicos que envolvem escoamentos multifásicos, como misturas líquido-líquido (óleo-água) ou gás-líquido (gás-água ou gás-óleo) em busca de minimização de erros e otimização na produção. Neste artigo, é pesquisado através de uma revisão bibliográfica o uso de inteligência artificial, para auxiliar na caracterização hidrodinâmica de escoamentos bifásicos.

Na literatura existem diferentes análises que utilizam inteligência artificial, podendo ser através de Redes Neurais Artificiais (ANN), para o estudo e identificação de padrões de escoamento bifásicos gás-líquido, podendo ser ar - água na vertical mostrado em JULIÁ et al. (2008) e ROSA et al. (2010), e ar- óleo para obter volume da fração de gás, mostrado em FIGUEIREDO et al. (2016); Máquinas de Suporte Vetorial (SVM), técnica com grandes resultados na identificação de padrões de escoamento ar- água (TAN et al., 2007), (ZHANG; WANG, 2010); Implementação de aprendizado de máquina baseado em lógica difusa, para identificar padrões de escoamento ar-água mostrado tanto em BANASIAK et al. (2014) quanto em WIEDEMANN et al. (2019); Sistema inteligente baseado na técnica de Algoritmo de Mapas Elásticos (EMA) e Análise de Componentes Principais (PCA) para identificação do padrão de escoamento ar-água (SHABAN; TAVOULARIS, 2014a). Além de que, mais três algoritmos de inteligência artificial baseados em Redes Neurais Artificiais, Programação Genética (GP) e Máquinas de Suporte Vetorial, foram comparados para obter a fração volumétrica de um escoamento bifásico ar-água (WANG et al., 2017). Podendo então se obter mais resultados combinando técnicas de IA, um sistema híbrido de aprendizado de máquina, que combinou a técnicas de Redes Neurais Artificiais e Floresta Aleatória, obtiveram um padrão de escoamento ar-água visto em QUINTINO et al. (2021) e em BAZON et al. (2023).

Os sentidos dos fluxos podem ser tanto na horizontal quanto na vertical. Logo, em tubo na horizontal para escoamento bifásico (água - ar) para classificar os padrão de escoamento usando inteligência artificial, utilizou-se algoritmos baseados em Redes Neurais Artificiais, correspondido aos trabalhos apresentados em VAN DER SPEK; E&P; THOMAS (1999) e CAI et al. (1994).

As Redes Neurais podem ter várias vertentes, por isso nos estudos de HANUS et al. (2018), determinaram os padrões de escoamento por meio de seis métodos de inteligência artificial, Redes Neurais Probabilísticas (PNN), Redes Neurais Percepção de Multicamadas (MLP), Rede de Função de Base Radial

(RBFN), juntamente com Máquinas de Suporte Vetorial, Árvore de decisão (SDT) e o método de K-means.

Além de várias vertentes das Redes Neurais, elas podem ser utilizadas de diferentes modos. Com isso, estudos de escoamento bifásico óleo-água em dutos verticais utilizando inteligência computacional foram concretizados por MERIBOUT et al. (2010) e AZIZI et al. (2016), MERIBOUT et al. (2010) utilizaram uma rede neural artificial para determinar a fração volumétrica da água, enquanto AZIZI et al. (2016) utilizou as velocidades superficiais dos escoamentos para o treinamento da rede neural artificial, para obter a fração volumétrica da água.

Vendo o sucesso da identificação por meio das Redes Neurais, análises em escoamento óleo-água em um tubo horizontal foram feitas por SHIRLEY et al. (2012), determinando os diferentes padrões de escoamento, as técnicas utilizadas neste trabalho foi a mesma implementada em CHAKRABARTI et al. (2005).

2. METODOLOGIA

Para este artigo de revisão bibliográfica, foram buscados artigos científicos com fim de procurar formas de determinar escoamentos bifásicos e entender sua hidrodinâmica com o uso de inteligência artificial. Para seleção, viu-se uma diferenciação em relação ao sentido do fluxo, podendo ser vertical ou horizontal, optando aqui por abranger ambos. Posteriormente, focando nas misturas de gás, óleo e água, separou-se em dois grupos, as misturas líquido-líquido e as líquido-gás. Seguindo, se observou quais métodos de inteligência artificial presentes estavam fazendo uso mais recorrentemente. Após análise, viu-se, majoritariamente, o uso de Redes Neurais Artificiais e seguido de Máquinas de Suporte Vetorial, além de modelos híbridos utilizando ambas técnicas juntas. A partir do ponto de que mais artigos buscavam usar as Redes Neurais, se analisou então os seus resultados e porcentagem de precisão presentes para fins de comparação de estudos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os estudos desenvolvidos nesta área, viu-se que as Redes Neurais Artificiais é o algoritmo de aprendizado de máquina mais empregado, seguido pela Máquina de Suporte Vetorial e modelos híbridos (ALIYU; MOKHTAR; HUSSIN, 2022). Dito isso, a Rede Neural Artificial foi a melhor técnica para o conjunto de dados utilizado acordo com os resultados reportados em “Henrique de Lima Cavaleiro Identificação de padrões de escoamento bifásico água-óleo em tubulações horizontais da indústria óleo-gás através de técnicas de inteligência artificial”, [s.d.], apresentando uma precisão de 95%, que se situa após a obtida por FIGUEIREDO et al. (2016), obtendo um 98%. Contudo, a Rede Neural Artificial desenvolvida por SHABAN; TAVOULARIS (2014) proporcionou uma apuração de 89%, nos dados testados no algoritmo. Seguidamente, as análises apresentadas em CAVALHEIRO et al. (2023) demonstraram ótimos resultados com a configuração da Rede Neural Artificial, utilizando para o treino os conjuntos de dados fornecidos por diferentes autores. Percebe-se que a grande maioria das precisões foi superior a 90%, sendo que apenas ABDUVAYT et al. (2004), WEGMANN; ROHR (2006) e IBARRA et al. (2015) ficaram com um valor inferior dessa marca em 87%, 86% e 85% respectivamente. Observa-se também, que no conjunto de dados levantado

por SHI; LAO; YEUNG (2017), a Rede Neural Artificial classificou todos os pontos corretamente ficando sua precisão em 100%.

4. CONCLUSÕES

Esta revisão bibliográfica apresentou um estudo sobre o emprego de técnicas de Inteligência Artificial na análise fenomenológico do escoamento multifásico, em especial para a identificação de padrões de escoamento bifásico, o qual está intrinsecamente ligado a aplicações da indústria óleo-gás. Artigos e trabalhos de inteligência artificial, desenvolvidos para a análise a escoamento multifásico, foram estudados para obter quais técnicas são as mais usadas e com maior eficiência nos resultados.

Tendo em vista os resultados para fins de comparação com diferentes métodos, observou-se que a mais eficiente nestes quesitos para a determinação de escoamento bifásico líquido-líquido ou líquido-gás é a Rede Neural Artificial. Em suma, o uso do artifício da inteligência artificial, no que tange a classificação de escoamentos multifásicos em dutos da indústrias petroquímicas, vem para ajudar a melhorar a eficiência dos processos hidrodinâmicos na indústria de óleo-gás.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Henrique de Lima Cavaleiro Identificação de padrões de escoamento bifásico água-óleo em tubulações horizontais da indústria óleo-gás através de técnicas de inteligência artificial. . [s.l: s.n.].

AZIZI, S.; AWAD, M. M.; AHMADLOO, E. Prediction of water holdup in vertical and inclined oil-water two-phase flow using artificial neural network. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 80, p. 181–187, 1 abr. 2016.

BANASIAK, R. et al. Study on two-phase flow regime visualization and identification using 3D electrical capacitance tomography and fuzzy-logic classification. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 58, p. 1–14, jan. 2014.

BAZON, P. B. et al. **HYBRID MACHINE LEARNING MODEL APPLIED TO PHASE INVERSION PREDICTION IN LIQUID-LIQUID PIPE FLOW****Multiphase Science and Technology**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.begellhouse.com>.

Cai, S., Toral, H., Qiu, J., & Archer, J. S. (1994). *Neural Network Based Objective Flow Regime Identification in Air-Water Two Phase Flow*.

CHAKRABARTI, D. P.; DAS, G.; RAY, S. Pressure drop in liquid-liquid two phase horizontal flow: Experiment and prediction. **Chemical Engineering and Technology**, v. 28, n. 9, p. 1003–1009, set. 2005.

DE, H. et al. **COBEM-2023-1010 IDENTIFICATION OF TWO-PHASE OIL-WATER FLOW REGIMES USING MACHINE LEARNING**. [s.l: s.n.].

FIGUEIREDO, M. M. F. et al. The use of an ultrasonic technique and neural

networks for identification of the flow pattern and measurement of the gas volume fraction in multiphase flows. **Experimental Thermal and Fluid Science**, v. 70, p. 29–50, 1 jan. 2016.

HANUS, R. et al. Identification of liquid-gas flow regime in a pipeline using gamma-ray absorption technique and computational intelligence methods. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 60, p. 17–23, 1 abr. 2018.

JULIÁ, J. E. et al. Upward vertical two-phase flow local flow regime identification using neural network techniques. **Nuclear Engineering and Design**, v. 238, n. 1, p. 156–169, jan. 2008.

MERIBOUT, M. et al. Integration of impedance measurements with acoustic measurements for accurate two phase flow metering in case of high water-cut. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 21, n. 1, p. 8–19, mar. 2010.

QUINTINO, A. M. et al. Flow Pattern Transition in Pipes Using Data-Driven and Physics-Informed Machine Learning. **Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME**, v. 143, n. 3, 1 mar. 2021.

ROSA, E. S. et al. Performance comparison of artificial neural networks and expert systems applied to flow pattern identification in vertical ascendant gas-liquid flows. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 36, n. 9, p. 738–754, set. 2010.

SHABAN, H.; TAVOULARIS, S. Identification of flow regime in vertical upward air-water pipe flow using differential pressure signals and elastic maps. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 61, p. 62–72, maio 2014a.

TAN, C.; DONG, F.; WU, M. Identification of gas/liquid two-phase flow regime through ERT-based measurement and feature extraction. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 18, n. 5–6, p. 255–261, out. 2007.

VAN DER SPEK, A.; E&P, S. I.; THOMAS, A. **Neural-Net Identification of Flow Regime With Band Spectra of Flow-Generated Sound**. [s.l.: s.n.].

WANG, L. et al. Gas-Liquid Two-Phase Flow Measurement Using Coriolis Flowmeters Incorporating Artificial Neural Network, Support Vector Machine, and Genetic Programming Algorithms. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 66, n. 5, p. 852–868, 1 maio 2017.

WIEDEMANN, P. et al. Fuzzy flow pattern identification in horizontal air-water two-phase flow based on wire-mesh sensor data. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 117, p. 153–162, 1 ago. 2019.

ZHANG, L.; WANG, H. Identification of oil-gas two-phase flow pattern based on SVM and electrical capacitance tomography technique. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 21, n. 1, p. 20–24, mar. 2010.