

## Comparação de Algoritmos de Aprendizado de Máquina para Classificação de Condições Operacionais

Yasmin de Moura Cavalcanti<sup>a</sup>, Leonardo Silva de Souza<sup>a</sup>, Raony Maia Fontes<sup>a</sup>, Rodrigo Lima Meira<sup>a</sup>,  
Márcio André Fernandes Martins<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal da Bahia, Departamento de Engenharia Química, Salvador-Ba, Brasil  
\*ycavalcanti@ufba.br

### RESUMO

A exploração em águas profundas impõe o desafio de garantir a operação de sistemas de separação submarina dentro de zonas seguras, delimitadas por restrições termodinâmicas como a condensação indesejada e a formação de hidratos. Como o monitoramento tradicional dessas condições por meio de simulações termodinâmicas demanda um alto custo de tempo e de recursos computacionais, o uso de técnicas de aprendizado de máquina surge como uma alternativa promissora para prever o comportamento de fluidos (Samnioti & Gaganis, 2023). Nesse contexto, este trabalho investiga a aplicação de algoritmos supervisionados para classificar pontos operacionais quanto à sua adequação a essas restrições de garantia de escoamento, visando suportar a tomada de decisão. Para o desenvolvimento do estudo, foi gerada uma base de dados robusta com 20.000 amostras a partir de simulações no simulador UniSim®, complementadas com cálculos em Python para mapear rigorosamente o envelope de fases e os limites operacionais específicos do sistema, como a curva de formação de hidratos (Parrish & Prausnitz, 1972). e a restrição mínima de densidade do gás exigida pelo sistema de bombeamento. Seis diferentes algoritmos de classificação foram treinados, otimizados e avaliados por validação cruzada ( $k=5$ ): Redes Neurais Artificiais (RNAs), k-Nearest Neighbors (kNN), C5.0, Bagged CART, Random Forest e XGBoost. A avaliação comparativa dos modelos baseou-se em métricas preditivas, como acurácia, precisão, recall e F1-Score, assim como no tempo computacional despendido. Os resultados demonstraram que todos os modelos apresentaram elevada performance, atingindo acurácias superiores a 97% e precisões acima de 99,1%, o que indica um baixíssimo risco de falsos positivos, um fator crítico para a segurança de sistemas complexos. As RNAs e o algoritmo XGBoost alcançaram as maiores acurácias (98,83%) e o melhor recall, demonstrando grande eficácia em evitar paradas de produção. No entanto, exigiram tempos de treinamento substancialmente maiores. Em contrapartida, modelos baseados em árvores de decisão, especialmente o C5.0 e o Bagged CART, entregaram acurácias muito competitivas (próximas a 98%) em uma fração do tempo (menos de 40 segundos), evidenciando um *trade-off* significativo entre ganhos marginais de desempenho e eficiência de processamento (Chen & Guestrin, 2016). Dessa forma, os resultados suportam para o uso de técnicas de aprendizado de máquina supervisionado para a tomada de decisão em sistemas de separação submarina, promovendo maior automação, robustez e eficiência em ambientes offshore.

**Palavras-chave:** Aprendizado de Máquina, Envelope de Fases, Classificação.

**Agradecimentos:** Os autores gostariam de agradecer à ANP através do PRH 36 e à Honeywell por fornecer a licença acadêmica do software UniSim Design.

### Referências

- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). Xgboost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785-794.
- Parrish, W. R., & Prausnitz, J. M. (1972). Dissociation pressures of gas hydrates formed by gas mixtures. Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development, 11(1), 26-35.
- Samnioti, A., & Gaganis, V. (2023). Applications of Machine Learning in Subsurface Reservoir Simulation—A Review—Part I. Energies, 16(16), 6079.



Realização:

