

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

CLASSIFICAÇÃO E PREDIÇÃO DOS RISCOS DE MEIO AMBIENTE E SEGURANÇA APLICADOS A UMA UNIDADE DE TESTE EROSIONAL DE VÁLVULAS

AUTORES:

Ana Clara Moreira de Santana Santos, Ana Lúcia Barbosa de Souza, Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Sara Marques Oliveira de Araújo Souza, Samuel Soares Gonçalves.

INSTITUIÇÃO:

Centro Universitário SENAI-CIMATEC

CLASSIFICAÇÃO E PREDIÇÃO DOS RISCOS DE MEIO AMBIENTE E SEGURANÇA APLICADOS A UMA UNIDADE DE TESTE EROSIONAL DE VÁLVULAS

Resumo

A indústria de petróleo e gás pode causar impactos negativos tanto no meio ambiente quanto na segurança operacional. Esses efeitos podem surgir das operações diárias, como a poluição resultante da emissão de poluentes e resíduos, ou de incidentes acidentais. Dentro desse cenário, projetos industriais no setor de petróleo e gás estão sujeitos a vários riscos que podem comprometer a segurança, o meio ambiente, a saúde das pessoas e a viabilidade econômica do projeto e do ativo. Para reduzir esses riscos, é essencial que os projetos dessa área adotem normas de segurança e ambientais, implementem processos eficazes de gerenciamento de riscos, realizem treinamentos regulares para os envolvidos e utilizem tecnologias avançadas para monitorar e prevenir acidentes (VORA, 2021; CALIXTO, 2006; CONTEC, 2015). As principais ferramentas para análise de risco incluem: FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), FTA (*Fault Tree Analysis*), ETA (*Event Tree Analysis*), HAZOP (*Hazard and Operability Studies*), ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) e Diagrama Bow-Tie. Embora essas técnicas já sejam aplicadas em projetos de petróleo e gás, elas enfrentam algumas barreiras tecnológicas, como a dificuldade de integração entre análise qualitativa e quantitativa. Este estudo visa implementar uma metodologia de previsão e classificação de riscos em uma unidade de testes erosionais de válvulas (UTEV), que tem o propósito de avaliar a resistência à erosão e, assim, o impacto no desempenho e na integridade do dispositivo de retenção (back-check device) da válvula de gás lift (VGL) após exposição a fluxos de líquidos potencialmente erosivos, simulando o processo de descarga de um poço de petróleo. Para replicar o processo de descarga e seus efeitos sobre a integridade do dispositivo de retenção, o teste erosional é realizado em ciclos, que incluem testes de estanqueidade no dispositivo de retenção e a circulação de fluido de teste no sentido de livre escoamento da VGL.

Palavras-chave: Gestão de Riscos, Erosional, Petróleo e Gás, Segurança de Processos.

Abstract

The oil and gas industry can have negative impacts on both the environment and operational safety. These effects arise from day-to-day operations, such as pollution resulting from the emission of pollutants and waste, or from accidental incidents. Within this scenario, industrial projects in the oil and gas sector are subject to several risks that can compromise the safety, the environment, the health of people and the economic forecast of the project and the asset. To mitigate these risks, it is essential that projects in this field adopt safety and environmental standards, implement effective risk management processes, conduct regular training for involved personnel, and use advanced technologies to monitor and prevent accidents (VORA, 2021; CALIXTO, 2006; CONTEC, 2015). The main risk analysis tools include FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), FTA (*Fault Tree Analysis*), ETA (*Event Tree Analysis*), HAZOP (*Hazards and Operability Study*), ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), and the Bow-Tie Diagram. Although these techniques are already used in oil and gas projects, they encounter some technological barriers, such as the challenge of integrating qualitative and quantitative analysis. This study aims to implement a risk prediction and classification methodology in an erosion testing unit

for valves (UTEV), which is designed to assess erosion resistance and, consequently, the impact on the performance and integrity of the back-check device of the gas lift valve (VGL) after exposure to potentially erosive liquid flows, simulating the process of well discharge. To replicate the discharge process and its effects on the integrity of the back-check device, the erosion test is conducted in cycles, including leakage tests on the back-check device and the circulation of test fluid in the direction of free flow through the VGL.

Keywords: Risk Management, Erosional, Oil and Gas, Process Safety.

Introdução

A gestão de risco de meio ambiente e segurança em projetos industriais de petróleo e gás é uma área crucial que busca assegurar a integridade ambiental e a segurança operacional em um setor notoriamente desafiador. Projetos de petróleo e gás envolvem operações complexas e de alta escala que podem ter impactos significativos no meio ambiente e apresentar riscos à saúde e segurança dos trabalhadores. Este campo se concentra na identificação e avaliação dos riscos específicos desses projetos, abrangendo desde o manejo de substâncias perigosas e a prevenção de derramamentos de óleo até a mitigação de acidentes e exposições a condições adversas. A implementação eficaz de práticas de gestão de risco ajuda a prevenir acidentes, minimizar impactos ambientais e garantir o cumprimento das regulamentações e normas de segurança (VORA, 2021; CALIXTO, 2006; CONTEC, 2015).

Nesse sentido, a gestão de riscos ambientais e de segurança neste setor é essencial para a sustentabilidade a longo prazo das operações, pois promove a proteção dos recursos naturais e a segurança das comunidades envolvidas. A abordagem proativa e integrada a esses riscos não apenas protege o meio ambiente e os trabalhadores, mas também contribui para a eficiência operacional e a reputação das empresas no mercado global. Em um setor onde os desafios são elevados e os riscos são altos, uma gestão de riscos robusta e bem estruturada é fundamental para o sucesso e a responsabilidade das operações de petróleo e gás. Nesse sentido, este trabalho apresenta uma análise dos riscos ambientais e de segurança aplicada a uma Unidade de Teste Erosional de Válvulas.

Metodologia

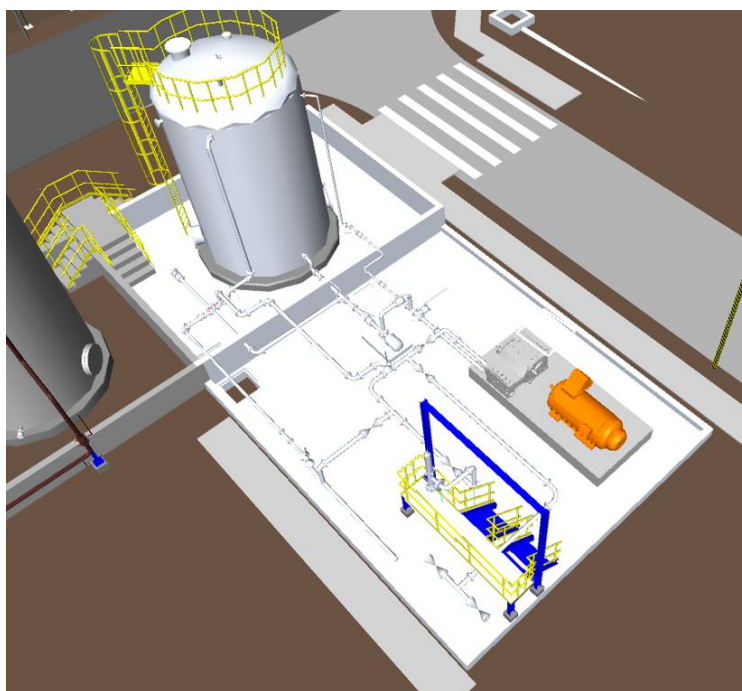
O algoritmo inicial para a classificação e predição de riscos em projetos em ambiente offshore foi desenvolvido utilizando aprendizado de máquina supervisionado. Esse método emprega algoritmos para processar dados brutos e representá-los por meio de um modelo matemático. Na classificação supervisionada, o algoritmo é criado a partir de pares de dados de entrada e suas respectivas categorias. O banco de dados rotulado é dividido em dois conjuntos: um para treinamento e outro para teste. O modelo é treinado com o conjunto de treinamento, ajustando seus parâmetros, e depois avaliado com o conjunto de teste para prever as categorias. A eficácia do modelo é verificada comparando suas previsões com as categorias reais.

Resultados e Discussão

Em projetos de petróleo e gás, especialmente em ambientes de Alta Pressão e Alta Temperatura (HPHT), é crucial assegurar que as válvulas de gás-lift estejam funcionando de forma eficiente e segura. Nesse contexto, as unidades de teste para válvulas são essenciais na indústria do petróleo, pois garantem a confiabilidade desses componentes e contribuem para operações de perfuração e produção mais seguras e eficazes. A presença de diversas empresas líderes e a variedade de sistemas disponíveis nessas unidades continuam a promover a inovação e a eficiência na indústria global de petróleo e gás. Nesse sentido, uma Unidade de Teste Erosional de Válvulas está sendo projetada em uma ICT (Instituição de Ciência e Tecnologia) da Bahia em parceria com uma Concessionária de petróleo e gás, a fim de realizar tais testes para melhor desempenho e segurança das válvulas de gás-lift.

A Unidade UTEV será encarregada de conduzir testes de erosão em válvulas de gás-lift, empregando bombeamento de salmoura de NaCl com vazão controlada. Esse processo envolve a circulação de salmoura sob alta pressão para simular a descarga de um poço de petróleo. O fluido de processo é encaminhado com vazão controlada para o mandril de testes, onde uma válvula de gás-lift será instalada. Após passar pela válvula, o fluido retorna ao tanque de armazenamento. O sistema será equipado com uma série de componentes instrumentais fundamentais, incluindo um transmissor de nível para o tanque, uma válvula de controle de pressão após a bomba booster e um transmissor de temperatura antes da bomba. Além disso, o sistema terá um transmissor de pressão na descarga do sistema de bombeamento e um inversor de frequência para a bomba alternativa. Também serão instalados transmissores de pressão e temperatura antes e depois do mandril de testes, uma válvula choke após o mandril e um transmissor de vazão antes do retorno ao tanque de armazenamento. A Figura 1 mostra a UTEV.

Figura 1- Desenho 3D da Unidade de Teste Erosional de Válvulas

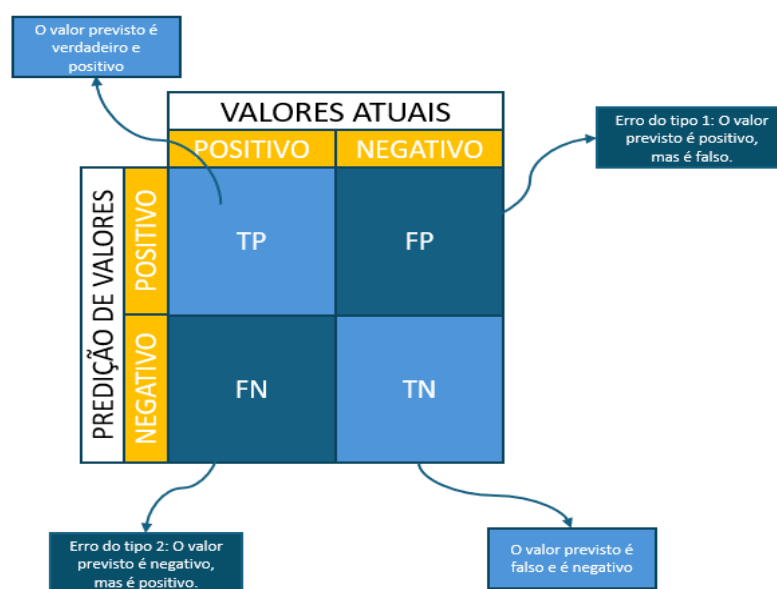


Fonte: Elaborado pelos autores.

O sistema deverá ser composto para testar válvulas de gás lift de 1", 1½" e 1¾". O propósito do teste erosional é avaliar a resistência à erosão e, conseqüentemente, determinar o impacto na eficiência e integridade do dispositivo de retenção (*back-check device*) da válvula de gás lift (VGL) após a exposição a fluxos de líquidos que simulam a descarga de um poço de petróleo. Esta será uma unidade fixa, ocupando uma área de 220 m², composta por um tanque para armazenamento do fluido de teste, uma bomba de pressurização, uma bomba de alta pressão e uma estação de teste. Todos os equipamentos serão instalados sobre uma bacia de contenção com direcionamento para a drenagem de efluentes contaminados do laboratório. Com exceção do eletrocentro, todas as demais aquisições serão de responsabilidade da UTEV. A unidade terá uma capacidade de tanque de 80 m³, com uma pressão de operação de 8.500 psi e uma temperatura operacional de 57°C. A vazão de operação será de 47 m³/h e a duração do teste está prevista para 40 horas. O fluido de teste utilizado será salmoura, com concentração de NaCl a 250.000 ppm $\pm$ 20%.

O algoritmo em desenvolvimento para ser implementado no processo da UTEV utiliza a biblioteca *scikit-learn*, amplamente reconhecida por suas ferramentas eficazes para análise preditiva de dados. Inicialmente, foram coletados e preparados os dados, incluindo um banco de dados de riscos da Unidade, que foram integrados ao código. As *strings* foram convertidas em valores numéricos para permitir que o algoritmo, projetado para processar apenas dados numéricos, pudesse operar corretamente. Em seguida, os dados foram segmentados em dois conjuntos: um para treinamento, destinado à criação do modelo de aprendizado de máquina, e outro para teste, usado para avaliar o desempenho real do modelo. Nesse processo, 80% dos dados foram alocados para o treinamento e 20% para os testes. Uma matriz de erros foi utilizada para avaliar o desempenho do modelo de classificação. A Matriz de Confusão inclui: TP (Verdadeiro Positivo), FN (Falso Negativo), FP (Falso Positivo) e TN (Verdadeiro Negativo), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2- Matriz de Confusão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

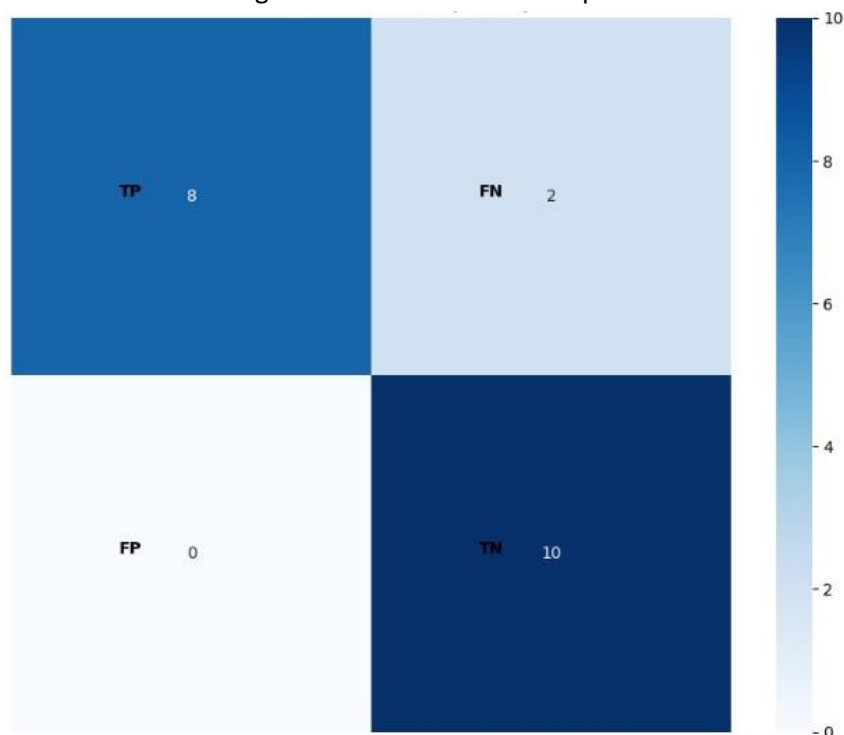
No caso da UTEV, o modelo apresentou 100% de precisão para dados classificados como toleráveis e 35% para riscos moderados. Outras métricas, como recall, F1-score e support, também foram calculadas. A Média Macro Avg., que é a média aritmética das pontuações F1 por classe, foi computada para fornecer uma visão geral do desempenho do modelo. A acurácia reflete a proximidade entre o valor obtido experimentalmente e o valor verdadeiro na medição de uma grandeza física. Na métrica recall, que representa a proporção de verdadeiros positivos em relação ao total de casos positivos reais, foram registrados 100% para riscos moderados e 81% para toleráveis. O F1-score, que combina precisão e recall em um único valor, resultou em 52% para riscos moderados e 90% para toleráveis. A Tabela 1 mostra o relatório detalhado do modelo. Foram reservados 20% dos dados para validação, conforme mostrado na Figura 4. A matriz de validação demonstra que o modelo teve uma precisão satisfatória, com apenas 2 ocorrências falsas negativas. Com 10 verdadeiros negativos (TN) e 8 verdadeiros positivos (TP), o modelo alcançou uma taxa de acerto de 90%.

Tabela 1- Relatório do modelo

	Precisão	Sensibilidade	F1-Score	Quantidade de amostras
0	0,35	1,00	0,52	7
1	1,00	0,81	0,90	70
Acurácia			0,83	77
Macro avg	0,68	0,91	0,71	77
Pontuação Ponderada	0,94	0,83	0,86	77

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4- Matriz de confusão para a UTEV



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conclusões

Com base nas informações mencionadas, constatou-se que o algoritmo se mostrou eficaz em projetos de petróleo e gás. A UTEV, por ser uma unidade relativamente simples, apresentou um alto nível de tolerância aos seus riscos, com alguns riscos moderados, conforme indicado pelo algoritmo. No entanto, apesar de sua robustez, o programa ainda pode ser aprimorado, especialmente para sua aplicação em diferentes estudos de caso. Além disso, é necessário um desenvolvimento adicional para melhorar a conversão de *strings* em banco de dados, já que o aprendizado de máquina depende do treinamento do banco de dados para prever ou classificar riscos.

Agradecimentos

Agradecimentos à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), ao Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH 27.1), à FINEP, gestora do programa, e ao SENAI CIMATEC.

Referências Bibliográficas

ABNT.NBR ISO 31000:2009: Gestão de riscos — Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, RJ, p. 4. 2009.

CALIXTO, E. Uma metodologia para gerenciamento de risco em empreendimentos: Um estudo de caso na Indústria de petróleo. 2006. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2006.

COSO, Gerenciamento de Riscos Corporativos Integrado com Estratégia e Performance. 2017.

CONTEC, N-2782 REV. D.Técnicas Aplicáveis à Análise de Riscos Industriais. 2015.

CHARTRES, Nicholas; BERO, Lisa A.; NORRIS, Susan L. A review of methods used for hazard identification and risk assessment of environmental hazards. *Environment International*, v. 123, p. 231-239, fevereiro 2019.

DA SILVA, M., Visualização do Risco como Meio de Suporte à Tomada de Decisão: Uma Abordagem através da Análise de ferramentas de Gerenciamento de Risco. 2016. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade Federal de Pernambuco, Caruaru.

VORA, M.; SANNI, S.; FLAGE, R. An environmental risk assessment framework for enhanced oil recovery solutions from offshore oil and gas industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 88, p. 107-118, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126964.

SANTOS, W. L.; THEOBALD, R. Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP) em uma planta piloto de desestabilização de emulsões de Petróleo via micro-ondas. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 2013.