

## Técnicas aplicadas a qualidade da manutenção em refinarias de petróleo

Patrick Fonseca Alexandre, Izabel Cristina Zattar, Robson Seleme

**Resumo:** As indústrias petroquímicas são instalações de capital intensivo, que para muitos países são consideradas como a espinha dorsal de suas economias. Esta é uma indústria que possui um alto nível de concorrência entre empresas, sendo assim, para que os clientes sejam atendidos dentro do tempo e com a qualidade acordados, deve-se possuir máquinas e equipamentos disponíveis e em seu pleno estado de funcionamento. Para que isso ocorra, a manutenção deve ser planejada e bem-feita. Este artigo tem como objetivo identificar as principais técnicas ou ferramentas da qualidade utilizadas na manutenção em refinarias de petróleo. Para isso foi feita uma revisão sistemática de literatura e como resultado se obteve que as técnicas modelagem, manutenção baseada no risco, inspeção baseada no risco, fuzzy, foram utilizadas, entre outras.

**Palavras chave:** Indústria Petrolífera, Refinaria, Qualidade, Manutenção.

### Techniques applied to quality oil refinery maintenance

**Abstract:** Industries are other capital-intensive commodities that exist in other countries as a backbone of their economies. You must have a good level of competitiveness and be balanced, and you must be equipped with a machine and do a full service. For this to occur, maintenance must be planned and well done. This article aims to identify as main maintenance techniques or tools in the maintenance of oil refineries. For this, a systematic literature review was performed and as a result modeling, risk-based maintenance, risk-based, diffuse inspection were used, among others.

**Keywords:** Oil industry, Refinery, Quality, Maintenance.

#### 1. Introdução

Para muitos países, as indústrias petroquímicas são instalações de grande escala, consideradas como o principal meio de alavancar a economia, especialmente os países produtores de petróleo. Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir contra as falhas de máquinas e equipamentos (MORO; AURAS, 2007). Para se prevenir estas falhas e quebras de máquinas e equipamentos, muitas empresas estão investindo cada vez mais em manutenção. Segundo Fangucci (2017), a manutenção é cada vez mais considerada como uma importante função de suporte nos negócios com investimentos significativos em ativos físicos e desempenha um papel importante na consecução dos objetivos organizacionais.

Manutenção é atuar no sistema (de uma forma geral) com o objetivo de evitar quebras e/ou paradas de produção, bem como garantir a qualidade planejada dos produtos (MORO; AURAS, 2007). A execução de um programa de manutenção eficaz representa um fator-chave para reduzir os custos e, ao mesmo tempo, manter equipamentos e sistemas confiáveis; em contextos de trabalho como refinarias, a avaliação da confiabilidade dos componentes e as ações relativas de manutenção devem ser feitas considerando o ambiente de maior risco (BEVILACQUA et al., 2011).

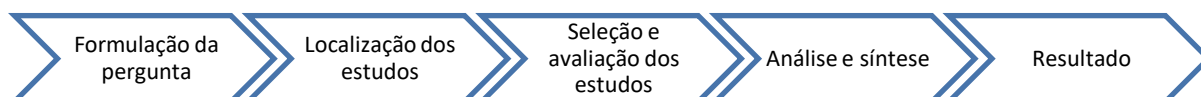
Ao que se refere a este assunto, a Norma Internacional ISO 55000 (2014) citada por

Fangucci (2017), inclui a manutenção, entre as áreas de gestão de ativos mais importantes, para ser efetivamente gerenciada e controlada para a obtenção de valor. Autores como Swanson (2001) e Löfsten (2000) definem manutenção como um processo multidisciplinar, cuja gestão eficaz e eficiente é fundamental para assegurar um alto desempenho dos ativos, ou seja, alta disponibilidade, alto nível de segurança e boa qualidade dos produtos. Assim, a qualidade da manutenção tornou-se um elemento essencial do pensamento estratégico dos gerentes e proprietários dos ativos para identificar, áreas, departamentos e processos que precisam ser aprimorados para atingir as metas organizacionais.

Portanto, este trabalho tem como objetivo identificar as ferramentas ou técnicas da qualidade mais utilizadas na manutenção em refinarias de petróleo.

## 2. Metodologia

Para atingir o objetivo, a análise seguiu os passos metodológicos de revisão sistemática de literatura propostos por Denyer and Tranfield (2009), figura 1. A pergunta a ser respondida pela revisão é “Quais são as ferramentas ou técnicas mais utilizadas na manutenção em refinarias de petróleo para a melhoria da qualidade?”. Para isso, foi realizada uma busca de estudos iniciais seguindo o protocolo apresentado.

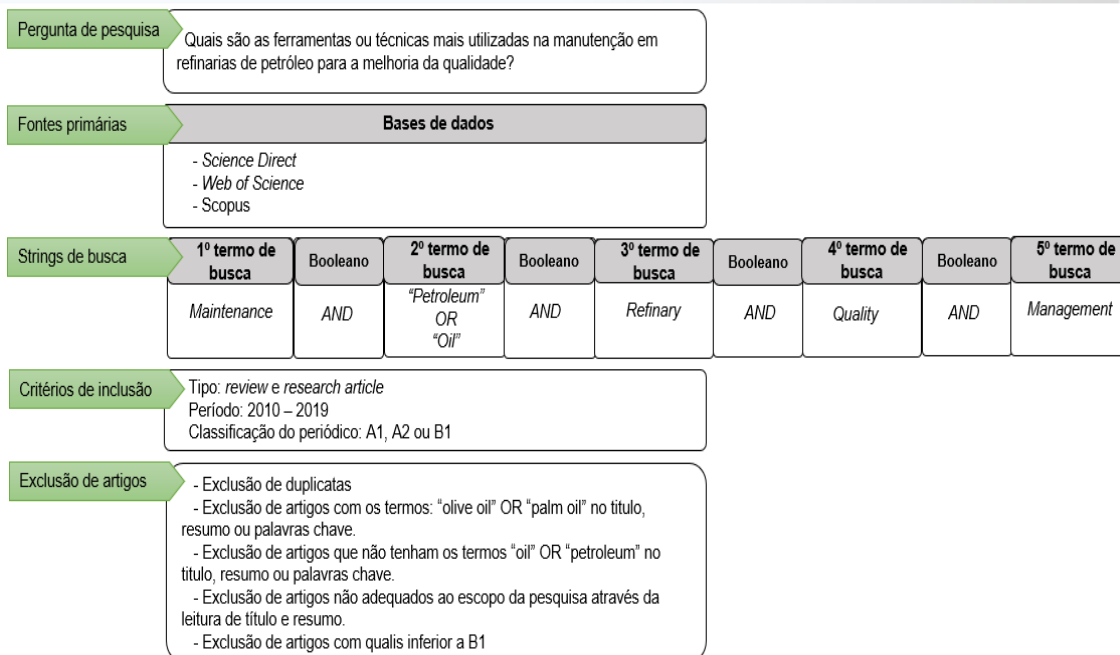


Fonte: Adaptado de Denyer e Tranfield (2009)

Figura 1 – Passos metodológicos

Para a localização dos estudos, foram escolhidas as bases de dados, Science Direct, Web of Science e Scopus, como fonte de pesquisa. Estas bases foram escolhidas por serem fontes de dados de boas precedências e por apresentarem conteúdo relevante sobre o tema. Posteriormente foram definidos os termos de pesquisa ou strings de busca, foram utilizadas palavras como “maintenance” AND “petroleum” OR “oil” AND “refinery” AND “quality” AND “management”. Dessa busca foram obtidos 6164 artigos, que foram manipulados através dos softwares Mendeley® e Excel®. A figura 2 apresenta o protocolo completo utilizado para definição da amostra.

Quanto à seleção do tipo de documento para esta pesquisa, foram selecionados apenas artigos de pesquisas e artigos de revisão, pois eles apresentam relevância para este trabalho. Ao que se refere a exclusão de documentos, primeiramente foram aplicados os filtros para eliminar duplicatas e artigos que estavam fora do contexto desta pesquisa. Entende-se por artigos fora do escopo de pesquisa, aqueles que possuem os termos “olive oil” e “palm oil”. Também foram excluídos os artigos que não possuem aderência a pesquisa, que foram identificados através da leitura do título, resumo e palavras-chaves, bem como artigos inferiores ao qualis B1. Dessa forma, obteve-se um total de 1452 artigos para posterior análise.

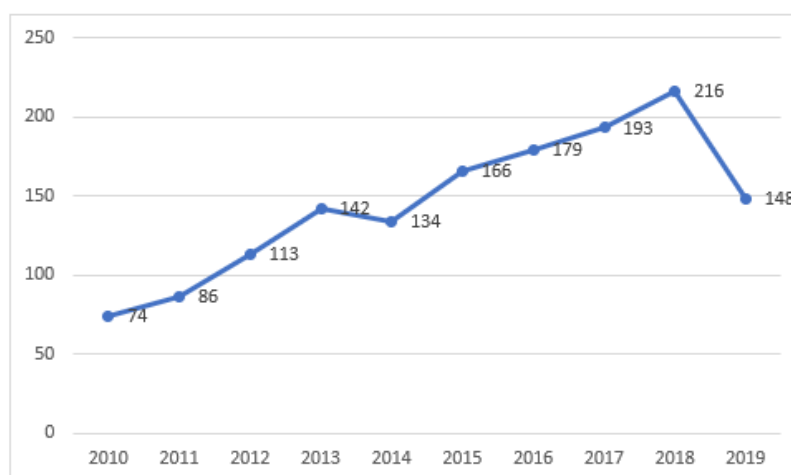


Fonte: Os autores (2019)

Figura 2 – Protocolo de pesquisa

### 3. Análise Bibliométrica

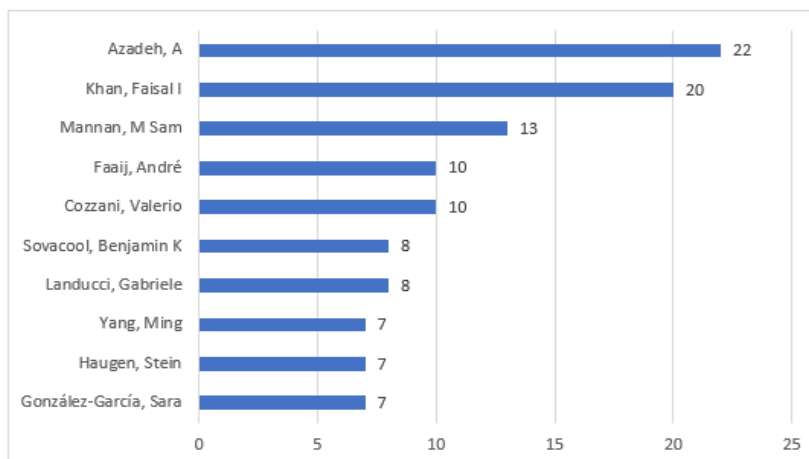
A partir do grupo de artigos obtidos, foi feita uma análise cronológica do número de publicações do período de 2010 à 2019, onde observou-se que desde o ano de 2014, houve um número crescente de documentos sobre o tema. Entretanto, para o ano de 2019 não se pode concluir que o mesmo terá somente 148 publicações, uma vez que esta pesquisa foi feita neste período e que este ano não foi concluído, conforme figura 3.



Fonte: Os autores (2019)

Figura 3 – Publicações por ano

Uma análise de publicações por autor também foi feita, foram escolhidos apenas os 10 autores com o maior número de documentos publicados para compor a análise, conforme figura 4.



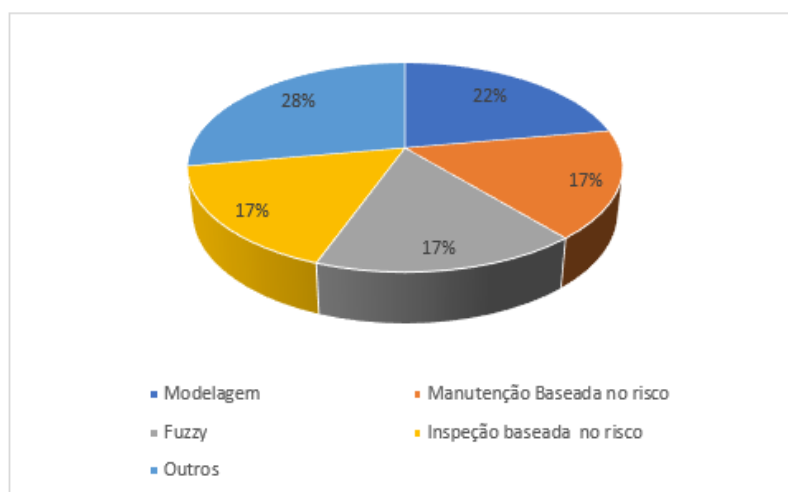
Fonte: Os autores (2019)

Figura 4 – Publicações por autor

Na fase de análise e síntese, foram extraídos dos artigos selecionados os objetivos, resultados obtidos, bem como as ferramentas ou técnicas utilizadas na manutenção em refinarias de petróleo os quais serão apresentados na próxima seção.

#### 4. Análise dos Resultados

No grupo de artigos estudados, 18 artigos apresentaram técnicas utilizadas na manutenção em refinaria de petróleo. A figura 5 mostra a proporção de utilização destas técnicas no grupo estudado.



Fonte: Os autores (2019)

Figura 5 - Estatística das Técnicas

Por outros, se entende manutenção centrada na confiabilidade e causa raiz, data mining e realidade aumentada, estatística multivariada e algoritmo genético. Os quais tiveram resultados de 28% do total de artigos.

O quadro 1 mostra os artigos que tiveram como metodologia a aplicação destas técnicas. A mesma está organizada a partir da técnica mais utilizada à menos utilizada, dentro

do período estipulado no escopo apresentado anteriormente. Entretanto, alguns artigos usaram uma combinação de diversas técnicas para atingir seu objetivo proposto, neste caso, o artigo foi enquadrado na técnica com mais utilização para a solução do problema proposto.

<b>Técnica</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Autores</b>
Modelagem	Corrosion Effect on Inspection and Replacement Planning for a Refinery Plant	Estratégias de custo ideal para o planejamento de manutenção são apresentadas para uma refinaria	Melhor planejamento da inspeção e substituição baseado no custo.	Tak & Kim (2018)
	A framework for making maintenance decisions for oil and gas drilling and production equipment	Apresenta uma estrutura para a tomada de decisões de manutenção, a fim de melhorar a manutenção e o gerenciamento.	A estrutura para tomar decisões de manutenção pode fornecer métodos de manutenção razoáveis e obter manutenção e gerenciamento científicos.	Tang et al. (2015)
	Modeling and optimizing efficiency gap between managers and operators in integrated resilient systems: The case of a petrochemical plant	Aumentar a lacuna de eficiência entre operadores e gerentes.	Os resultados são indicativos de um crescimento significativo no número de operadores e gerentes eficientes.	Azadeh & Salehi (2014)
	Corporate dashboards for integrated business and engineering decisions in oil refineries: An agent-based approach.	Propor um framework de sistema de apoio a decisão integrado, combinando sistemas de negócios e engenharia com um painel.	Uma refinaria de petróleo é capaz de obter uma solução global ótima e melhores decisões do que de outra forma.	Hu et al. (2012)
Manutenção baseada no risco	Fuzzy dynamic risk-based maintenance investment optimization for offshore process facilities	Uma metodologia para o planejamento de manutenção e plano de investimento de manutenção de segurança otimizado	Estima o risco com mais precisão, o que aumenta a confiabilidade das operações futuras do processo.	Yazdi et al. (2019)
	Dynamic risk-based maintenance for offshore processing facility	Desenvolver uma nova metodologia de manutenção baseada em risco.	Capacidade de previsão de falhas, o que otimiza os custos de manutenção.	Bhandari et al. (2016)

	Research and application of risk and condition based maintenance task optimization technology in an oil transfer station	Alocar os recursos de manutenção de forma razoável, verificar o requisito mínimo de manutenção preventiva, garantir a confiabilidade, disponibilidade e segurança	Pode minimizar as deficiências de manutenção e excedente de manutenção e prolongar a vida útil dos equipamentos.	Wang, Q.; Gao, J. (2012)
Fuzzy	Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction	Prever a falha do equipamento com base no modo falha e análise de efeito	Ajuda a aumentar a confiabilidade da previsão, e a classificação prevista de falha de equipamento.	Zhou & Thai (2016)
	Application of a fuzzy inference system for functional failure risk rank estimation: RBM of rotating equipment and instrumentation.	Estimar o risco de falha funcional, aumentando a eficácia da manutenção baseada no risco.	Simplificação e obtenção de uma estimativa do risco de falha funcional mais confiável e uniforme.	Ratnayake (2014)
	Fuzzy Risk Modeling of Process Operations in the Oil and Gas Refineries	Propor um modelo que supere a manutenção baseada em riscos	Foram identificadas 26 falhas.	Sa'idi et al. (2014)
Inspeção baseada no risco	An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection	Avaliar a estratégia de manutenção no processo industrial.	Quatro possíveis estratégias alternativas foram propostas.	Tan et al. (2011)
	Information structuring and risk-based inspection for the marine oil pipelines	Promover a implantação metodológica de técnicas de inspeção para garantir o bom funcionamento dos serviços fornecidos por sistemas de produção complexos	Departamento de inspeção é capaz de prever seu possível fracasso, causas e impactos na operação segura do sistema de produção.	Kamsu-Foguem (2016)
	A Multi-Objective Genetic Algorithm for determining efficient Risk-Based Inspection programs	Definir programas de inspeção eficientes em termos de custos de inspeção e nível de risco.	Reduz o espaço de busca a ser explorado e auxilia na decisão referente a integridade mecânica do equipamento.	Das Chagas Moura et al. (2015)

Outros	The successes and challenges of implementing high reliability principles: A case study of a UK oil refinery	Promove uma abordagem qualitativa para explorar os tipos de práticas de aprimoramento de confiabilidade implementadas em uma refinaria de petróleo.	Identificação e controle de riscos; preparação e coleta de emergência; e análise de incidentes e quase acidentes.	Lekka & Sugden (2011)
	Optimization of scheduled cleaning of fouled heat exchanger network under ageing using genetic algorithm	Neste trabalho, uma estratégia para determinar O melhor horário de limpeza do trem de pré-aquecimento (PHT) da refinaria de petróleo sob incrustações e diferentes cenários de envelhecimento (envelhecimento lento e rápido).	O envelhecimento rápido levou a uma redução significativa nas perdas de energia e, portanto, melhorou a recuperação de calor e reduziu o número de limpezas	Diaby et al. (2016)
	Data classification and MTBF prediction with a multivariate analysis approach.	Propor uma técnica de avaliação de dados e previsão de MTBF através de uma análise multivariada de dados.	Permite classificar os itens em termos de MTBF e identificar os parâmetros operacionais que influenciam na confiabilidade.	Braglia et al. (2011)
	Defining a data-driven maintenance policy: an application to an oil refinery plant.	Desenvolver uma política de manutenção baseada em dados através da análise de grande quantidade de dados.	Possibilidade de detectar as relações paralisações de subplantas e consequentes colapsos de componentes	Antomarioni et al. (2018)
	A New Model for consistency Centered Maintenance in Petroleum refinery.	Propor um novo modelo de consistência com manutenção centrada em refinaria de petróleo.	Ganhos na confiabilidade e qualidade.	Balasubramanian (2017)

Fonte: Os autores (2019)

Quadro 1 – Técnicas utilizadas

Observou-se que há uma convergência entre as ferramentas, a ferramenta mais utilizada para o fim estudado é a modelagem, e o objetivo mais citado para justificar a escolha do mesmo é auxiliar a tomada de decisão. Em seguida, a segunda técnica mais utilizada é a manutenção baseada no risco, no qual se justifica pelo objetivo de criar uma metodologia de manutenção que aumente a confiabilidade baseada no risco do equipamento. A técnica Fuzzy tem como objetivo prever e estimar o risco de falha, aumentando a confiabilidade do equipamento ou máquina. Posteriormente, a inspeção baseada no risco tem como objetivo



executar inspeções em equipamentos como maior probabilidade de falha, aumentando a confiabilidade e garantido o bom funcionamento do equipamento. E por fim, a categoria “Outros” é um grupo de técnicas que teve diversos objetivos, como aumentar a confiabilidade, propor um modelo de manutenção, prever MTBF, dentre outras.

## 5. Considerações Finais

Com o passar dos anos novas técnicas são desenvolvidas ou as que já existem, tornam-se cada vez mais utilizadas. Técnicas que aumentam a confiabilidade do equipamento e proporcionam uma redução nos custos de manutenção estão sendo cada vez mais procuradas, uma vez que a falta de manutenção de seus ativos pode causar perdas financeiras e até mesmo o comprometimento da imagem da organização. Para garantir um produto ou serviço de qualidade para o cliente, é necessário que os equipamentos estejam em boas condições de uso, as técnicas identificadas anteriormente podem auxiliar na qualidade da manutenção. Observou-se que há uma tendência para a utilização de técnicas de modelagem, pois acredita-se que esta passa uma credibilidade maior para as empresas, pois são ferramentas quantitativas, entretanto, as mesmas não são aplicadas somente à área de manutenção no âmbito de refinarias de petróleo.

## Referências

ANTOMARIONI, S. et al. Defining a data-driven maintenance policy: an application to an oil refinery plant. **INTERNATIONAL JOURNAL OF QUALITY & RELIABILITY MANAGEMENT**, v. 36, n. 1, SI, p. 77–97, jan. 2019.

AZADEH, A.; SALEHI, V. Modeling and optimizing efficiency gap between managers and operators in integrated resilient systems: The case of a petrochemical plant. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 92, n. 6, p. 766–778, 2014.

BALASUBRAMANIAN, A. A new model for consistency centered maintenance in petroleum refinery. **International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development**, v. 8, n. 1, p. 791–798, 2018.

BEVILACQUA, M. et al. **Turnaround management in an oil refinery**. Proceedings - 17th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design. **Anais...**2011Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84886909532&partnerID=40&md5=82a3a8efc0d8ad6bffa7efc6f8535ff7>>

BHANDARI, J. et al. Dynamic risk-based maintenance for offshore processing facility. **Process Safety Progress**, v. 35, n. 4, p. 399–406, 2016.

BRAGLIA, M. et al. Data classification and MTBF prediction with a multivariate analysis approach. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 97, n. 1, p. 27–35, 2012.

DAS CHAGAS MOURA, M. et al. A Multi-Objective Genetic Algorithm for determining efficient Risk-Based Inspection programs. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 133, p. 253–265, 2015.



DENYER, D.; TRANFIELD, D. **Producing a Systematic Review**, 2009.

DIABY, A. L.; MIKLAVCIC, S. J.; ADDAI-MENSAH, J. Optimization of scheduled cleaning of fouled heat exchanger network under ageing using genetic algorithm. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 113, p. 223–240, 2016.

FANGUCCI, A. et al. Structured methodology for selection of maintenance key performance indicators: Application to an oil refinery plant. **International Journal of Operations and Quantitative Management**, v. 23, n. 2, p. 89–113, 2017.

HU, W. et al. Corporate dashboards for integrated business and engineering decisions in oil refineries: An agent-based approach. **Decision Support Systems**, v. 52, n. 3, p. 729–741, 2012.

KAMSU-FOGUEM, B. Information structuring and risk-based inspection for the marine oil pipelines. **Applied Ocean Research**, v. 56, p. 132–142, 2016.

LEKKA, C.; SUGDEN, C. The successes and challenges of implementing high reliability principles: A case study of a UK oil refinery. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 89, n. 6, p. 443–451, 2011.

LÖFSTEN, H. Measuring maintenance performance in search for a maintenance productivity index. **International Journal of Production Economics**, v. 63, p. 47–58, 2000.

MORO, N.; AURAS, A. P. Introdução à Gestão da Manutenção. **Curso Técnico de Mecânica Industrial**, p. 1–32, 2007.

RATNAYAKE, R. M. C. Application of a fuzzy inference system for functional failure risk rank estimation: RBM of rotating equipment and instrumentation. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 29, n. 1, p. 216–224, 2014.

SA'IDI, E. et al. Fuzzy risk modeling of process operations in the oil and gas refineries. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 30, p. 63–73, 2014.

SWANSON, L. Linking maintenance strategies to performance. **International Journal of Production Economics**, v. 70, n. 3, p. 237–244, 2001.

TAK, K.; KIM, J. Corrosion effect on inspection and replacement planning for a refinery plant. **Computers & Chemical Engineering**, v. 117, p. 97–104, 2018.

TAN, Z. et al. An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection. **Safety Science**, v. 49, n. 6, p. 852–860, 2011.

TANG, Y. et al. A framework for making maintenance decisions for oil and gas drilling and production equipment. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 26, p. 1050–1058, 2015.

WANG, Q.; GAO, J. Research and application of risk and condition based maintenance task optimization technology in an oil transfer station. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 25, n. 6, p. 1018–1027, 2012.

YAZDI, M.; NEDJATI, A.; ABBASSI, R. Fuzzy dynamic risk-based maintenance investment optimization for offshore process facilities. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, p. 194–207, 2019.

ZHOU, Q.; THAI, V. V. Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction. **Safety Science**, v. 83, p. 74–79, 2016.