

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



TÍTULO DO TRABALHO:

Ferramentas de gestão de riscos e sua aplicação na indústria de petróleo

AUTORES:

Larissa Ferreira Vasconcelos
João Felipe Mitre
Geraldo de Souza Ferreira

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal Fluminense

Ferramentas de gestão de riscos e sua aplicação na indústria de petróleo

Resumo

A exploração e produção de petróleo offshore é uma das atividades mais importantes para a sociedade. Compreender a dinâmica dos fatores que levam à existência de riscos dentro dos sistemas complexos do ambiente de exploração e produção de petróleo é fundamental para que acidentes graves sejam evitados e conduzidos da melhor forma possível. Os acidentes das plataformas P-36, na Bacia de Campos (2001) e Deepwater Horizon, no Golfo do México (2010) são exemplos de que as consequências de um evento desta natureza são catastróficas para o ser humano, o meio ambiente, e geram perdas de produção. Visto isso, a análise de riscos se faz essencial nos projetos de operação e manutenção *onshore* e *offshore*, de modo a criar uma forte cultura de segurança, com melhoria da segurança de processos e das instalações industriais. Neste trabalho serão apresentadas as principais técnicas de gestão de riscos utilizadas na indústria do petróleo *offshore*, como também serão abordadas as normas regulamentadoras utilizadas para que sejam desenvolvidas boas práticas nas atividades industriais de modo a evitar os perigos iminentes. A metodologia aplicada envolveu a revisão conceitual sobre a gestão de riscos na indústria de petróleo. Fez-se uma pesquisa bibliográfica na base Science Direct, a partir do Portal de Periódicos da Capes, selecionando-se artigos, cujo estudo e leitura sistematizada permitiram contextualizar a análise de risco na indústria offshore, elencar as ferramentas de gestão de risco mais utilizadas e identificar as principais normas regulamentadoras utilizadas em conjunto com as ferramentas de análise de risco. O resultado do mapeamento mostra que as principais ferramentas e metodologias de gestão de risco utilizadas na indústria offshore são: Análise Preliminar de Riscos (APR), *Havard and Operability Study* (HAZOP), Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), Análise de confiabilidade Humana (HRA/Petro-HRA) e *Bow-Tie* (gravata borboleta). Além disso, as principais Normas Regulamentadoras identificadas no estudo são: IMO, SOLAS, LSA Code, FSS code, MODO CODE, MARPOL, COLREG e NFPA. Conclui-se que a análise de riscos é essencial na indústria de exploração e produção de petróleo. Para que seja efetiva devem ser aplicadas técnicas em diferentes situações, podendo utilizá-las de forma simultânea e complementar. Os fatores humanos que permeiam a prática operacional do cotidiano da indústria merecem tanta atenção quanto os fatores inerentes ao próprio processo e operações industriais. Para uma gestão eficaz dos riscos é relevante seguir e aplicar as Normas Regulamentadoras nacionais e internacionais.

Palavras-chaves: Análise de risco, offshore, indústria de petróleo.

Abstract

Offshore oil exploration and production are among the most important activities for society. Understanding the dynamics of the factors that lead to the existence of risks within the complex systems of the oil exploration and production environment is essential to prevent and properly manage serious accidents. The accidents of the P-36 platform in the Campos Basin (2001) and Deepwater Horizon in the Gulf of Mexico (2010) are examples of consequences of such events that are catastrophic for humans and the environment and result in production losses. Therefore, risk analysis is essential in onshore and offshore operation and maintenance projects to create a strong safety culture, improving process safety and industrial installations. This work will present the main risk management techniques used in the offshore oil industry, as well as the regulatory standards used to develop good practices in industrial activities to avoid imminent dangers. The applied methodology involved a conceptual review of risk management in the oil industry. Bibliographic research was conducted in the Science Direct database, from the Capes Journal Portal, selecting articles whose systematic study and reading allowed contextualizing risk analysis in the offshore industry, listing the most used risk management tools, and identifying the main regulatory standards used in conjunction with risk analysis tools. The mapping results show that the main risk management tools and methodologies used in the offshore industry are Preliminary Risk Analysis (PRA), Hazard and Operability Study (HAZOP), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Human Reliability Analysis (HRA/Petro-HRA), and Bow-Tie. Additionally, the

main regulatory standards identified in the study are IMO, SOLAS, LSA Code, FSS Code, MODO CODE, MARPOL, COLREG, and NFPA. It is concluded that risk analysis is essential in the oil exploration and production industry. To be effective, techniques must be applied in different situations, and they can be used simultaneously and complementarily. The human factors that permeate the operational practice of the industry's daily life deserve as much attention as the factors inherent to the process and industrial operations themselves. For effective risk management, it is relevant to follow and apply national and international regulatory standards.

Keywords: Risk analysis, offshore, oil industry.

Introdução

A exploração e produção de petróleo offshore é uma das atividades industriais mais importantes para a sociedade brasileira. Porém, é também uma indústria a cujas diversas etapas, como construção, operação, manutenção e desmonte, se associam riscos que podem ocasionar danos à sociedade, ao ambiente, aos trabalhadores e à própria produção de óleo e gás. Compreender a dinâmica dos fatores que levam à existência desses riscos dentro dos sistemas complexos do ambiente offshore é fundamental para que acidentes graves sejam evitados e, em casos inevitáveis, sejam conduzidos da forma mais correta.

Os acidentes das plataformas P-36, na Bacia de Campos (2001), e Deepwater Horizon, no Golfo do México (2010), são exemplos de que as consequências de um evento desta natureza são catastróficas para o ser humano, o meio ambiente, e geram perdas de produção. Visto isso, a gestão de riscos se faz essencial nos projetos de operação e manutenção offshore, de modo a criar uma forte cultura de segurança, com melhoria da segurança de processos e das instalações industriais. (Franca & Santos, 2014; Figueiredo et al, 2018).

Métodos de análise de risco bastante aplicados e que serão citados neste artigo são: Análise Preliminar de Riscos (APR), *Hazard and Operability Study* (HAZOP), Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), Análise de Confiabilidade Humana (HRA) e *Bow-Tie* (gravata borboleta). Além desses métodos, serão também apresentadas as principais normas nacionais e internacionais a serem seguidas, para alcançar a prevenção contra riscos (Andrade, 2018; Franca & Santos, 2014; Bijay et al, 2020).

A motivação para a realização do trabalho decorre da importância de compreender a influência humana, tanto na causa quanto na gestão dos riscos na indústria de petróleo. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo apresentar um mapeamento das ferramentas e técnicas de análises e prevenção de risco mais utilizadas na indústria de petróleo, bem como de sua importância para identificar perigos e avaliar suas consequências.

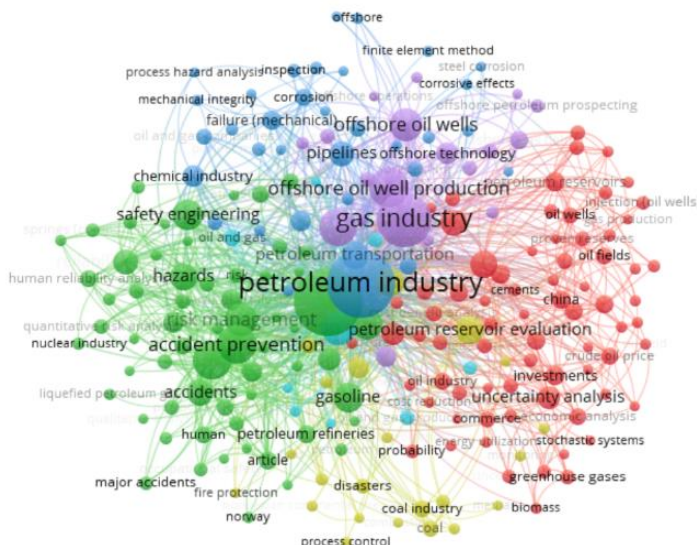
Metodologia

A metodologia aplicada envolveu, inicialmente, uma revisão conceitual sobre a gestão de riscos na indústria de petróleo. Fez-se uma pesquisa bibliográfica sobre análises e gestão de risco e as metodologias comumente utilizadas, usando bases digitais de teses e dissertações e a base de periódicos ScienceDirect, acessada a partir do Portal de Periódicos da Capes.

Para a elaboração da base conceitual e revisão bibliográfica do presente trabalho, foram selecionados vinte artigos de revisão e pesquisa na base citada. Como ferramentas auxiliares para organização do trabalho e auxílio na obtenção de resultados foram usados o Mendeley, para o gerenciamento de referências bibliográficas, o VOSviewer para a construção e identificação de redes bibliométricas (Figura 1).

A Figura 1 mostra a distribuição dos grupos de temas nos artigos pesquisados. Os conjuntos de palavras representados pelos núcleos maiores (nós centrais) possuem maior recorrência. Os principais grupos temáticos em destaque são: indústria de petróleo – integridade mecânica, processo de inspeção, efeitos de corrosão, falha mecânica; acidentes – prevenção de acidentes, engenharia de segurança, perigo, fatores humanos; indústria de gás e poços de petróleo *offshore* - tecnologia *offshore*, produção em poços *offshore*; análises de incerteza - investimentos, comércio, avaliação, preço, análise econômica.

Figura 1 - Rede bibliométrica formada pelo software VOSviewer.

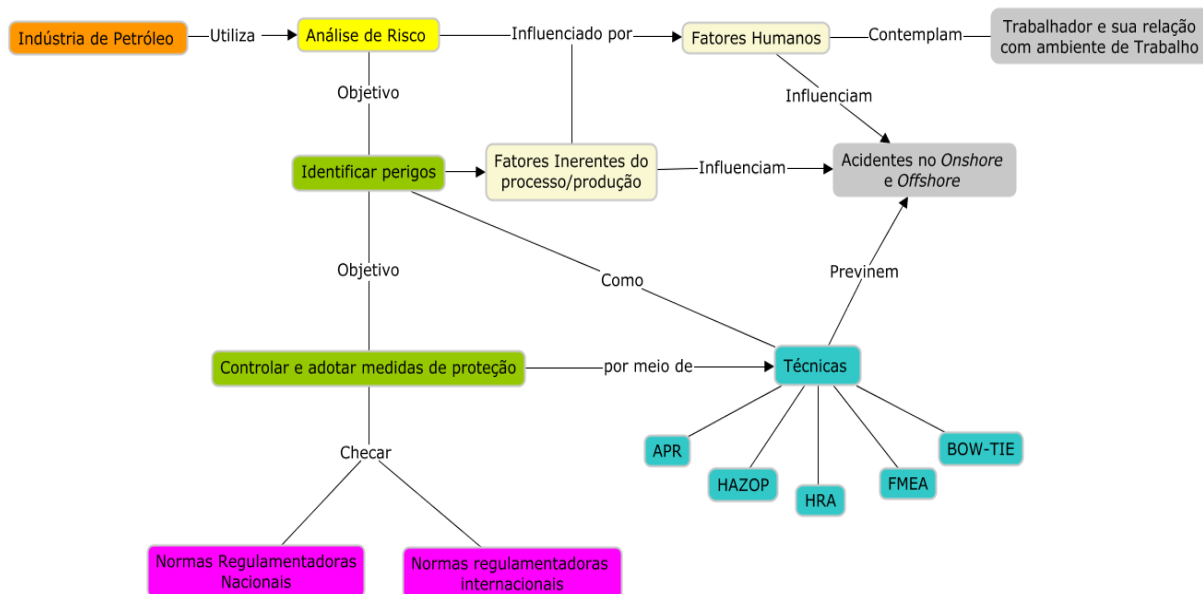


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a compreensão da interrelação entre os vários conceitos, ferramentas e normas associados aos riscos na indústria do petróleo, foi feita a leitura sistematizada dos artigos, o que permitiu a identificação das características das metodologias e técnicas de gestão de riscos utilizadas na indústria do petróleo. Adicionalmente, foram identificadas as principais normas regulamentadoras associadas às ferramentas de análise e gestão de riscos.

O mapa conceitual mostrado na Figura 2 apresenta a síntese dos resultados dessa atividade de sistematização, exibindo os vínculos entre os conceitos e fundamentos, as ferramentas e as normas regulamentadoras para riscos na indústria de petróleo.

Figura 2 - Mapa conceitual relacionado aos riscos na indústria do petróleo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados e Discussão

Neste tópico serão apresentados os principais itens identificados neste trabalho: riscos, fatores humanos e acidentes, análise de riscos e as técnicas associadas e normas regulamentadoras.

I. Fatores humanos e acidentes

Os fatores humanos também influenciam diretamente a ocorrência de acidentes na indústria do petróleo. De acordo com Kariuki & Lowe (2007), mais de 80% dos acidentes que ocorrem em indústrias químicas e petroquímicas possuem a falha humana como um dos fatores causadores. Esses fatores podem ser divididos em três grandes grupos, conforme a Tabela 1 (Daniellou et al, 2010).

Tabela 1 - Fatores humanos influenciadores de acidentes na indústria do petróleo

Fatores internos	Fatores externos	Fatores estressores
Inerente a cada indivíduo	Ambiente de trabalho em que o indivíduo está inserido	Fatores psicológicos e fisiológicos
Características físicas, conhecimentos, experiência, motivações e expectativas de cada trabalhador. Ex: Estado emocional do trabalhador.	Questões ergonômicas relativas aos equipamentos e procedimentos de trabalho. Ex: Repetitividade em determinadas tarefas.	Resultado de um ambiente de trabalho em que as demandas exigidas ao operador são maiores que suas capacidades e limitações.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para se traçar as metodologias e técnicas de prevenção de acidentes e segurança total dos trabalhadores, é relevante ter em mente os aspectos de segurança operacional, de processos e das atividades que ocorrem nas instalações industriais, e de segurança ocupacional com os fatores humanos associados.

II. Riscos

Os principais tipos de perigos e riscos aos quais a operação petrolífera *offshore* está suscetível e que podem se transformar em incidentes ou situações de maior magnitude, colocando em risco os trabalhadores, meio ambiente, plataforma e toda produção de petróleo, estão mostrados na Tabela 2. Nessa tabela é adotada a classificação usada por Zhang & Xing (2011), que separam riscos relacionados ao ambiente natural, de engenharia, riscos de gestão e risco econômico.

Tabela 2 – Riscos na indústria *offshore*.

Risco ambiental natural	Risco de engenharia	Risco de gestão	Risco econômico
Climático	Exploração	Organizacionais	Financeiro
Geológico	Desenvolvimento	Operacionais	Mercado
	Construção e desmonte	Proteção ambiental	Política econômica

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em (Zhang & Xing, 2011).

Essa classificação não é rigorosa, sendo que outros autores, como Nathanael et al (2024), apresentam agrupamentos de riscos e perigos como: transporte, ocupacional (tipos de trabalho, ex: mecânico, elétrico), falhas estruturais.

Emergências nas operações podem ser atribuídas a diversas causas, podendo essas serem uma associação desses perigos e riscos, como comumente ocorre em eventos acidentais, como os *blowouts* ou os vazamentos de óleo nos poços. Vale destacar que a identificação e a classificação dos eventuais riscos e perigos é de grande auxílio nas tomadas de decisão necessárias para evitá-los ou mitigá-los.

III. A análise de riscos e as técnicas associadas

A análise de riscos envolve o estudo detalhado de um objeto para identificar e avaliar os riscos a ele associados (Andrade, 2018). O conceito de perigo e risco estão associados; perigo é definido como uma situação em que a integridade ou existência de uma pessoa/objeto encontra-se sob ameaça, e risco é a sua probabilidade de ocorrência associada (ABNT, 2018). O objeto pode ser um processo, uma área, uma organização, uma atividade ou intervenção ou um sistema, no caso do presente trabalho o sistema petrolífero *offshore*.

Para a realização da análise de riscos é importante adotar uma perspectiva sistêmica para compreender os aspectos que compõem a gestão de risco do objeto e identificar os fatores que podem influenciar, principalmente os perigos aos quais o objeto está submetido (Franca & Santos, 2014). Após a identificação dos perigos devem ser adotadas medidas para o controle dos riscos a níveis toleráveis e elaborar planos de emergência a serem acionados, em casos de acidentes. Os riscos identificados podem ser avaliados, e com isso qualificados e/ou quantificados para controle e prevenção (Figueiredo et al, 2018; Ramos, 2020).

No presente trabalho identificou-se que as principais ferramentas e metodologias de gestão de risco utilizadas na indústria de petróleo *offshore* são: Análise Preliminar de Riscos (APR), *Hazard and Operability Study* (HAZOP), Análise de Confiabilidade Humana (HRA/Petro-HRA), Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) e *Bow-Tie* (gravata borboleta).

i. Análise Preliminar de Riscos (APR)

A análise preliminar de riscos (APR) é um levantamento prévio de potenciais riscos, com identificação e definição de suas causas, consequências e medidas de controle (Andrade, 2018). A APR é uma avaliação precursora para a realização de outras intervenções preventivas.

ii. Hazard and Operability Study (HAZOP) – Estudos de Perigos e Operabilidade

O HAZOP - *Hazard and Operability Study*, ou Estudos de Perigos e Operabilidade, é uma metodologia qualitativa para a identificação de riscos ligados aos processos em uma unidade industrial. O objetivo é descobrir desvios das condições normais de operação, identificando-se suas causas e respectivas consequências. Seu escopo abrange problemas de segurança e problemas de operabilidade (Palmer, 2004).

iii. Human Reliability Analysis (HRA) - Análise de Confiabilidade Humana

O método envolve três fases: i. modelagem dos erros humanos, ii. identificação dos contribuintes para os erros e iii. quantificação de erros. A HRA permite avaliar a contribuição humana para o risco, possibilitando a adoção de ações de prevenção e redução de probabilidades de acidentes (Andrade, 2018).

iv. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) - Análise de Modo e Efeito de Falha

A Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) é uma técnica para identificar modos de falhas em um processo ou produto, de acordo com a gravidade, probabilidade e capacidade de detecção das falhas. Os três principais tipos são a FMEA de Design, FMEA de Produto e FMEA de Processo, sendo o último aplicado no setor de óleo e gás em diversas situações. O FMEA permite identificar as falhas mais críticas, facilitando uma atuação preventiva (Andrade, 2018).

v. Bow-Tie – Gravata borboleta

A metodologia *Bow-tie* associa diagramas de causa-consequência com diagramas de barreira, permitindo analisar e demonstrar relações causais em cenários de risco. O nome *Bow-tie* decorre da forma do diagrama que lembra a de uma gravata borboleta. O diagrama criado pelo método é um resumo visual dos possíveis cenários de acidentes em torno de um perigo, ajudando a criar barreiras para controlar esses cenários (Bijay et al, 2020).

IV. Normas regulamentadoras

As normas regulamentadoras consistem em obrigações, direitos e deveres que devem ser cumpridos por empregadores e trabalhadores, com o objetivo de garantir trabalho seguro, prevenindo a

ocorrência de acidentes e doenças no ambiente de trabalho. Diversas normas regulamentadoras foram criadas a partir da ocorrência de acidentes na indústria de petróleo. As principais Normas Regulamentadoras (NRs) e Normas da Autoridade Marítima (NORMAMs) identificadas no estudo e associadas às ferramentas de análise de risco são: NRs e NORMAMs brasileiras, IMO, SOLAS, LSA Code, FSS Code, MODO Code, MARPOL, COLREG e NFPA (Franca & Santos, 2014).

As normas regulamentadoras brasileiras, para prevenção da segurança e saúde de trabalhadores em serviços laborais, foram publicadas pela Portaria Ministério do Trabalho nº 3.214, em 8 de junho de 1978. Atualmente existem 37 NRs, sendo a NR 37 Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo específica para a indústria de petróleo *offshore*. As NORMAMs 01 e 05, instituídas pela Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil, específicas para embarcações, são aplicáveis às plataformas de petróleo e FPSOs. Além das normas nacionais, existem referências normativas internacionais para o exercício das atividades de exploração e produção de petróleo em alto-mar, sendo as principais (Franca & Santos, 2014):

- Regulamentações IMO (*International Maritime Organization*): normas e recomendações de segurança das operações marítimas;
- SOLAS (*Convention for the Safety of Life at Sea*): diretrizes de segurança da vida humana no mar;
- LSA Code (*Life-Saving Appliances*): normas de segurança para atividades em embarcações;
- FSS Code (*International Code for Fire Safety Systems*): normas de prevenção e combate a incêndio em alto mar;
- MODU Code (*Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units*): padrões mínimos de segurança operacional para as plataformas de perfuração em alto-mar;
- MARPOL (*International Convention for the Prevention of Maritime Oil Pollution from Ships*): regulamentação de prevenção da poluição do mar;
- COLREG (*International Conference on Revision of the International regulations for Preventing Collisions at Sea*): recomendações de segurança para prevenir abalroamento de embarcações no mar.
- NFPA (*National Fire Protection Association*): normas e padrões para prevenção e combate de incêndios.

Todas as análises de risco devem respeitar as normas regulamentadoras que regem um processo, construção ou operação.

Conclusões

A análise de riscos é essencial na indústria de exploração e produção de petróleo. Para que ela seja efetiva devem ser aplicadas técnicas, que são ferramentas de auxílio à criatividade do avaliador na identificação dos perigos e riscos. Essas técnicas são aplicadas em diferentes situações e podem ser utilizadas de forma simultânea e complementar.

Os fatores humanos que permeiam a prática operacional do cotidiano da indústria merecem tanta atenção quanto os fatores inerentes ao próprio processo e operações industriais. Para uma gestão eficaz dos riscos é relevante seguir e aplicar as Normas Regulamentadoras nacionais e internacionais.

A partir deste diagnóstico inicial, no qual são identificadas as ferramentas de gestão de riscos e sua aplicação na indústria de petróleo, podem ser aprofundados os estudos para a identificação das situações e condições dos usos das ferramentas e metodologias de risco, como também a realização de estudos de caso, junto a empresas selecionadas do setor, para identificação das principais questões associadas ao mapeamento e levantamento qualitativo e quantitativo dos riscos, de modo a enriquecer e validar, no mundo real, os estudos realizados com base no mapeamento bibliográfico.

Agradecimentos

Ao Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH-ANP) pelo apoio financeiro, com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de PD&I da Resolução ANP 50/2015.

Referências Bibliográficas

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018). **Gestão de Riscos - Diretrizes**. (ABNT NBR ISO 31000:2018). Disponível em: <[https://dintegcgcin.saude.gov.br/ attachments/ download/ 23/2018%20-%20Diretrizes%20-%20Gest%C3%A3o%20de%20 Riscos_ABNT%20 NBR%20ISO% 2031000.pdf](https://dintegcgcin.saude.gov.br/attachments/download/23/2018%20-%20Diretrizes%20-%20Gest%C3%A3o%20de%20Riscos_ABNT%20NBR%20ISO%2031000.pdf)>.
- ANDRADE, A. P. **7 principais ferramentas para análise e gerenciamento de risco**. Logique, 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/351613218_Tecnologias_ Consagradas_ de_Gestao_de_Riscos](https://www.researchgate.net/publication/351613218_Tecnologias_Consagradas_de_Gestao_de_Riscos)>.
- BIJAY, B.; GEORGE, P.; RENJITH, V. R.; KURIAN, A. J., Application of dynamic risk analysis in offshore drilling processes, **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, 2020.
- DANIELLOU, F.; SIMARD, M. ; BOISSIÈRES, I. **Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle**. FonCSI, 125p, 2010, Les cahiers de la sécurité industrielle. Hal-00776052.
- FRANCA, J. E. M.; SANTOS, I. J. A. L. Fatores humanos e gestão de riscos *offshore*. Rio Oil & Gas Expo and Conference 2014, Rio de Janeiro: Rio Oil and Gas, ed. 17, 1 set. 2014.
- FIGUEIREDO, M. G.; ALVAREZ, D.; ADAMS, R. N. Revisiting the P-36 oil rig accident 15 years later: from management of incidental and accidental situations to organizational factors. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, v. 34, 2018, p. 3-11.
- KARIUKI, S. G.; LOWE, K. Integrating human factors into process hazard analysis, **Reliability Engineering & System Safety**, v. 92, p. 1764-1773, 2007.
- NATHANAEL, J.; KHAIRILMIZAL S.; SAMUEL, C.; SANSUDDIN, N.; HUSSIN, M. F.; HAPANI, M.; MUSA, N. A.; HUSNA, K. A. Challenges in managing emergency offshore: A comparison of offshore and onshore perspectives. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, 88, 2024, 105275.
- PALMER, P.J. Evaluating and assessing process hazard analyses. **Journal of Hazardous Materials**. v. 115, Issues 1–3, 2004, p. 181–192.
- RAMOS, M. A.; MAJOR, C.; EKANEM, N.; MALPICA, C.; MOSLEH, A. **Human Reliability Analysis for Oil and Gas Operations: Analysis of Existing Methods**, 34p In: American Institute of Chemical Engineers. 2020 Spring Meeting and 16th Global Congress on Process Safety, Houston, EUA.
- ZHANG, Y.; XING L. Research on Risk Management of Petroleum Operations. **Energy Procedia**, 5, 2011, p. 2330-2334.