



SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES Y SALUD OCUPACIONAL EN EL DESMANTELAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO Y GAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Beatriz Bandeira dos Santos^{1*}

Ricardo Bruno Félix Nunes²

Paula da Costa Tulio³

Laís Bubach Carvalho Simão⁴

Eduardo Ribeiro Nicolosi⁵

Claudio Violante Ferreira⁶

Marcelo Igor Lourenço de Souza⁷

Francisco José de Castro Moura Duarte⁸

Resumen

La vida útil de muchas instalaciones de producción de *petróleo y gas en alta mar* está llegando a su fin y el desmantelamiento de los sistemas de producción enfrenta desafíos relacionados con el desmantelamiento seguro y eficiente de las instalaciones industriales, considerando los riesgos inherentes para la salud ocupacional y la seguridad de los trabajadores. Este estudio realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases de *datos Web of Science, Scopus, Springer y Wiley Online Library* y tuvo como objetivo identificar lo que la literatura revela sobre el tema de la salud y la seguridad en el desmantelamiento de la producción de petróleo y gas en *alta mar*. Se seleccionaron 11 artículos de un total de 270, categorizados en tres grupos de análisis: exposición al riesgo; organismos reguladores y legislación; y plan de seguridad. La literatura aún carece de información detallada sobre el tema de la salud y la seguridad de los trabajadores en el desmantelamiento *en alta mar* y la mayoría de los artículos revisados se concentraron en otros aspectos. La Ergonomía de la Actividad, en este contexto, es significativa para el conocimiento del trabajo, apuntando a la mejora de las metodologías de análisis y mitigación de riesgos.

Palabras clave: Desmantelamiento; Salud ocupacional; Seguridad de los trabajadores; Petróleo y gas; Ergonomía.

WORKER SAFETY AND OCCUPATIONAL HEALTH IN THE DECOMMISSIONING OF OIL AND GAS PRODUCTION SYSTEMS: A SYSTEMATIC REVIEW

Abstract

¹ COPPE/UFRJ (Ingeniería de Producción/UFRJ). <https://orcid.org/0000-0002-1086-3120>. *biabandeira@pep.ufrj.br

² COPPE/UFRJ (Ingeniería de Producción/UFRJ). <https://orcid.org/0009-0007-5425-4347>.

³ COPPE/UFRJ (Ingeniería de Producción/UFRJ). <https://orcid.org/0009-0009-7250-5714>.

⁴ COPPE/UFRJ (Ingeniería de Producción/UFRJ). <https://orcid.org/0009-0006-2894-673X>.

⁵ Petrobras (Ingeniería de Producción/ UFRJ). <https://orcid.org/0000-0001-9280-4345>.

⁶ Petrobras (Ingeniería de Producción/ UFRJ).

⁷ COPPE/UFRJ (Ingeniería de Producción/UFRJ). <https://orcid.org/0000-0002-5811-0515>.

⁸ COPPE/UFRJ (Ingeniería de Producción/UFRJ). <https://orcid.org/0000-0001-9178-3458>.



The operational lifespan of many offshore oil and gas production facilities is reaching its end, and the decommissioning of production systems faces challenges related to the safe and efficient deactivation of industrial installations, considering the inherent risks to occupational health and worker safety. This study conducted a systematic literature review across the Web of Science, Scopus, Springer, and Wiley Online Library databases, aiming to identify what the literature reveals about Health and Safety in offshore oil and gas decommissioning. A total of 11 articles were selected from an initial pool of 270 and categorized into three analytical groups: risk exposure, regulatory bodies and legislation, and safety planning. The literature still lacks detailed information on worker health and safety in offshore decommissioning, with most reviewed articles focusing on other aspects. In this context, activity ergonomics emerges as significant for understanding the work, aiming to enhance analysis methodologies and mitigate risks.

Keywords: Decommissioning; Occupational Health; Worker Safety; Oil and Gas; Ergonomics.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de desmantelamiento de instalaciones *costa afuera* cobra relevancia ante la caída de los precios del petróleo, impulsando la necesidad de evaluar la terminación de los contratos de arrendamiento, la vida útil de los pozos y la relación financiera tras el fin de la exploración (Nicolosi et al., 2018). Petrobras (2023) define el desmantelamiento como la interrupción definitiva de las operaciones, abarcando las actividades relacionadas con la plataforma y sus equipos cuando se agotan las oportunidades de extensión o mantenimiento de la producción. Desde esta perspectiva, existen diferentes métodos de desmantelamiento de equipos submarinos, incluyendo la remoción completa con disposición en tierra o en el lecho marino, la remoción parcial, el vuelco en el lugar y la permanencia de la estructura en el lugar para uso alternativo (Ruivo, 2001; Petrobras, 2022).

Esta variedad de alternativas requiere decisiones complejas, exige numerosas actividades y expone a los trabajadores a diferentes riesgos operativos. Entender el trabajo como un proceso dinámico y en constante cambio permite analizar sus impactos y buscar soluciones que consideren la complejidad y la dimensión humana (Queiroz y Souza, 2020). El principal reto es promover cambios y reflexiones en las actividades durante el proyecto de desmantelamiento, con el objetivo de crear sistemas de trabajo colaborativos más cercanos a la realidad (Bittencourt et al., 2017).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para complementar el enfoque metodológico del estudio de caso, se realizó una revisión sistemática de la literatura sobre el estado del arte de la salud y la seguridad en el contexto del



desmantelamiento de instalaciones de petróleo y gas en alta mar. El presente estudio se guió por las directrices de *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA), que según la *National Library of Medicine* (2022) proporcionan directrices de presentación de informes actualizadas para las revisiones sistemáticas, que reflejan los avances en los métodos de identificación, selección, evaluación y síntesis de estudios. Una revisión sistemática sirve como un recurso esencial para compilar, analizar y transmitir los hallazgos e implicaciones de un vasto cuerpo de investigación y datos. Su importancia radica en su capacidad de integrar los resultados de varios estudios independientes que investigan el mismo tema, especialmente cuando estos estudios presentan conclusiones divergentes (UFRRJ, 2020).

2.1. Posicionalidad

La presente revisión se basó en la siguiente pregunta orientadora: "¿qué informa la bibliografía sobre la salud y la seguridad de los trabajadores en las actividades de desmantelamiento de las instalaciones de petróleo y gas en alta mar?". Así, la metodología adoptada comprende cuatro etapas (Levac et al., 2010):

1. Identificación de la pregunta de investigación;
2. Toma de decisiones sobre los estudios a incluir, análisis de los términos y fuentes que se utilizan, así como la elección del lenguaje;
3. Selección de estudios basada en criterios de inclusión y exclusión bajo la supervisión de dos revisores;
4. Análisis de contenido y reporte de resultados.

2.2 Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad se definieron mediante: artículos que tratan sobre la salud y la seguridad de los trabajadores en el desmantelamiento de petróleo y gas en alta mar; en portugués e inglés; y documentos originales, de libre acceso en su totalidad, recuperados a través de la Comunidad Académica Federada (CAF).

Se excluyeron los trabajos duplicados, los que no tenían acceso completo, los que no estaban en el idioma determinado por los criterios de elegibilidad, así como los que no estaban relacionados con la pregunta de revisión.



2.3 Fuentes de información

Las búsquedas se llevaron a cabo en abril y mayo de 2024 en las *bases de datos Web of Science, Scopus, Springer y Wiley Online Library*, siguiendo las estrategias de búsqueda presentadas en el Gráfico 1.

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Resultados
<i>Web de la ciencia</i>	((ALL=desmantelamiento)) NA ALL=(<i>petróleo y gas</i>) Y ALL=(<i>seguridad</i>).	72
<i>Scopus</i>	<i>Desmantelamiento Y petróleo Y gas Y riesgos Y trabajador</i>	7
<i>Salmer</i>	<i>Desmantelamiento en alta mar y seguridad de los trabajadores</i> <i>Filtros: Artículo, artículo de investigación, artículo de revisión, documento de conferencia, inglés</i>	17
<i>Biblioteca en línea de Wiley</i>	<i>"Desmantelamiento" en cualquier lugar y "petróleo y gas" en cualquier lugar</i> <i>Filtro: Acceso abierto</i>	174
Total		270

Gráfico 1 – Estrategias de búsqueda

2.4 Proceso de graficado de datos

Todos los registros recuperados se importaron al administrador de referencias de *Mendeley*, que eliminó automáticamente los artículos duplicados. A continuación, se llevó a cabo un proceso de selección de documentos mediante la lectura del título y los resúmenes y la lectura completa de los textos. A partir de la conformación del cuerpo de esta revisión, se desarrolló un protocolo de extracción de datos para recolectar la siguiente información: nombres de los autores, revista, método y los hallazgos firmados.

2.5 Resumen de resultados

El proceso de selección de los documentos se llevó a cabo mediante la lectura de títulos y resúmenes y la lectura completa de los textos. En la siguiente etapa, la organización de los hallazgos relacionados con la salud y la seguridad de los trabajadores se estructuró para facilitar



el análisis de los resultados, mejorar la interpretación de los datos y formular reflexiones y propuestas para futuras investigaciones sobre el tema.

3. RESULTADOS

La investigación recuperó 270 artículos, de los cuales, después de utilizar los criterios de elegibilidad, se excluyeron los artículos debido a la lectura del título y el resumen, los artículos a los que no se pudo acceder en su totalidad, los que se duplicaron, así como los artículos que, después de la lectura en su totalidad, no abordaron la salud y la seguridad de los trabajadores en las actividades de desmantelamiento de las instalaciones de petróleo y gas en alta mar. Sobre la base de estas limitaciones, se seleccionaron 11 artículos y se excluyeron 259. De los seleccionados, 10 fueron escritos en inglés y 1 en portugués. En cuanto a los estudios incluidos, 5 artículos provienen de la *Web of Science*, 5 de *Scopus* y 1 de la *Wiley Online Library*. Los detalles de la selección de los artículos se pueden ver en la Figura 1.

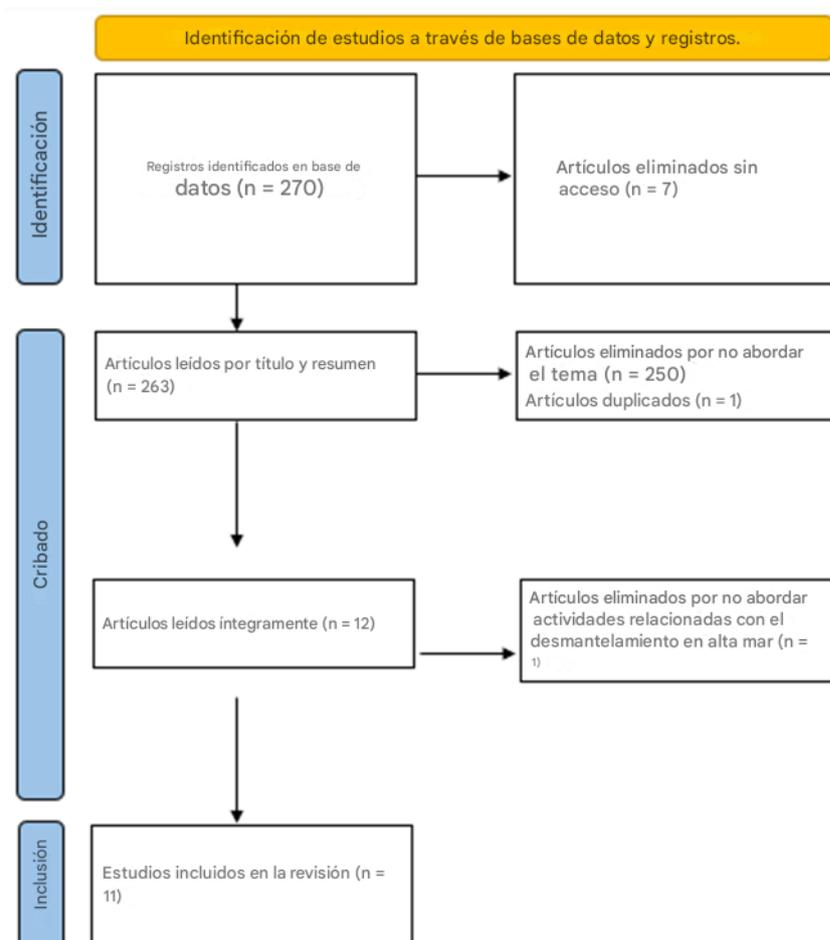


Figura 1 – PRISMA



En el gráfico 2 se presentan las principales características de los estudios incluidos en esta revisión.

Nombre del autor	Año	Periódico	Método	Hallazgos de salud y seguridad
Robert Yanniello, miembro sénior del IEEE, y Gabriel J. Paoletti	2009	<i>Transacciones IEEE en aplicaciones de la industria</i>	Investigación cuantitativa y cualitativa	La intención de este artículo es resaltar los posibles peligros personales y ambientales asociados con este mismo equipo cuando se desenergiza. Este documento está dirigido específicamente a aparataje e interruptores automáticos con una capacidad nominal superior a 1000 V y está dirigido más específicamente al personal que realiza el mantenimiento y el desmantelamiento.
A. M. Fowler a,*, P. I. Macreadie b, D. O. B. Jones c y D. J. Booth	2014	<i>Gestión de los Océanos y las Costas</i>	Evaluación multicriterio	La salud y la seguridad como criterio dentro del proceso de toma de decisiones en el desmantelamiento.
Al-Ghuribi T; Liew M; Zawawi, N. A. et. Todos.	2016	<i>Ingeniería Civil, Offshore y Medio Ambiente, ICCOEE</i>	Evaluación multicriterio	Importancia de contar con el criterio de Seguridad y Salud en el proyecto de desmantelamiento.
Soheil Manouchehri	2017	<i>36ª Conferencia Internacional de Ingeniería Oceánica, Offshore y del Ártico</i>	Investigación cualitativa	Los riesgos de seguridad de las diferentes opciones deben compararse y evaluarse asumiendo que todas las tareas están siendo realizadas por personal competente.
Róbert Soós, Bence Balogh, Gergely Dobos, Szabolcs Szávai* y Judit Dudra	2019	<i>EPJ Ciencias y Tecnologías Nucleares</i>	sistema de entrenamiento virtual - auriculares VR	Con esta solución inmersiva de realidad virtual (IA), el operador puede experimentar emergencias realistas bajo presión psicológica y permite que los operadores estén debidamente capacitados para tomar las decisiones correctas, incluso en el mundo real.
Koroma, Sheik G., Animah, Isaac, Shafiee, Mahmood y Tee, Kong-Fah	2019	<i>Revista Internacional de Tecnología de Petróleo, Gas y Carbón</i>	Investigación cualitativa y cuantitativa	Cuestiones regulatorias de salud y seguridad.
Lima, Yarly Queiroz de Monteiro Gomes, Luiz Flávio Autran.	2021	<i>Revista de Gestión y Proyectos</i>	Investigación exploratoria y descriptiva	Importancia del criterio de Seguridad y Salud en el proyecto de desmantelamiento.
Ibragim Khalidov a, Konstantin Milovidov A, Anzor Soltakhanov	2021	<i>Heliyon</i>	Panorama general del marco legislativo y reglamentario ruso	Gestión de la seguridad industrial y ambiental; normas de seguridad.



Jess Melbourne-Thomas; Keith R. Hayes; Alistair J. Hobday; Et. Todos.	2021	<i>Fronteras de las ciencias marinas</i>	Investigación de apoyo al riesgo y evaluación del impacto del desmantelamiento en alta mar en Australia	Evaluación Cuantitativa de Riesgos, MCDA.
da Cunha Jácome Vidal P; Aguirre González M; Cassimiro de Melo D et.al.	2022	<i>Estructuras Marinas</i>	Revisión sistemática de la literatura	Sindicatos de trabajadores; universidad (apoyo); procedimientos técnicos adecuados para la ejecución de la obra; riesgos de accidentes mortales, exposición a materiales tóxicos; seguridad operacional.
Karen Alves de Souza; Ludmyla Carolina Mariano Barbosa; Tiago Machado de Souza Jacques, et. Todos.	2022	<i>ASCE-ASME Revista de Riesgo e Incertidumbre en Sistemas de Ingeniería, Parte B: Ingeniería Mecánica</i>	Evaluación multicriterio	Por lo tanto, la remoción de instalaciones implica grandes costos y tecnología para abordar estos desafíos que pueden generar problemas de seguridad operacional e impactar el medio ambiente.

Tabla 2 – Características de los estudios incluidos

El gráfico geográfico 1 se refiere a los países donde se realizaron las encuestas incluidas en esta revisión. Se pudo observar una mayor concentración de la investigación desarrollada en los siguientes países: Brasil, Australia, Estados Unidos, Reino Unido, Noruega, Malasia, Rusia y Hungría.



Gráfico 1 – Distribución de las búsquedas por país

En cuanto al número de búsquedas por año, la Figura 2 muestra una gran concentración a partir de 2019, aumentando considerablemente en 2023. También hay estabilidad en la producción de estudios de 2009 a 2017.

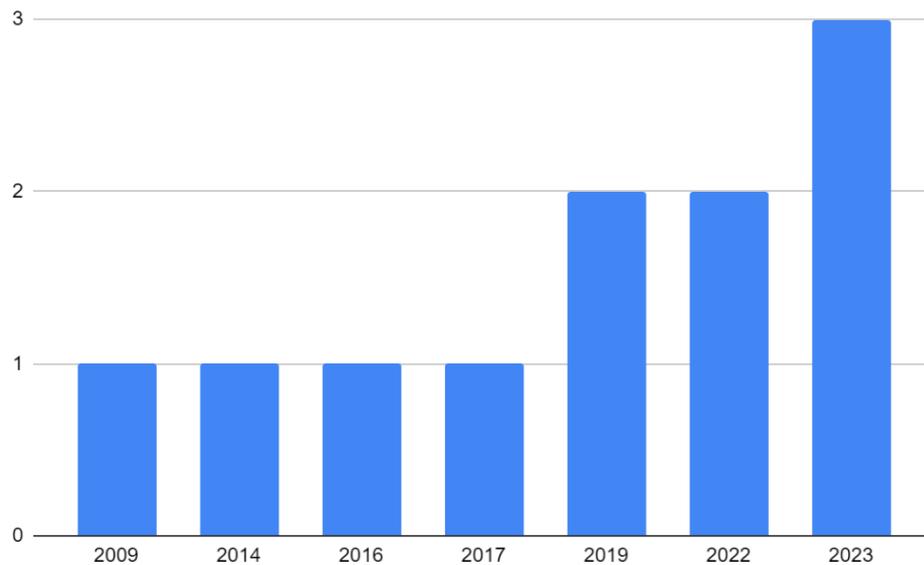


Figura 2 – Número de búsquedas por año

3.1 Análisis temático

Los trabajos seleccionados se centran principalmente en la salud y la seguridad del trabajador en las actividades de desmantelamiento de las instalaciones de petróleo y gas *en alta mar*. El análisis de los resultados extraídos se presentará de acuerdo con el objetivo y la pregunta de investigación. A partir de los datos recopilados, fue posible categorizar los hallazgos en siete grupos: uso de la inteligencia artificial en la formación de los trabajadores; exposición al riesgo; evaluación multicriterio; Matriz de impacto cuantitativo; organismos reguladores y legislación; sindicatos y universidades; y plan de seguridad, que se presentará a continuación:

3.2 Uso de la inteligencia artificial en la formación de los trabajadores:

Solo un artículo mencionó la capacitación interactiva de los trabajadores de mantenimiento a través de la inteligencia artificial (IA), que simula un escenario operativo real; abarcando el entorno y las actividades/equipos utilizados en el trabajo real (Soós et al., 2019). La plataforma de capacitación mencionada fue la plataforma de realidad virtual desarrollada por Bay Zoltán Nonprofit Ltd. El objetivo es disminuir el factor humano y garantizar condiciones de trabajo y operaciones más seguras, teniendo en cuenta el reemplazo de costosos centros de capacitación. Sin embargo, la plataforma también tiene algunos aspectos negativos, como la falta de detección de pasos por parte de sensores ópticos (Soós et al., 2019).



3.3 Exposición al riesgo

Seis artículos mencionaron el tema de la exposición al riesgo (Yanniello, Paoletti, 2009; Manouchehri, 2017; Fowler et al., 2014; Cunha et al., 2022; Koroma et al., 2019; Melbourne et al., 2021). Se mencionó la importancia de las medidas de contención de derrames antes de manipular cualquier tipo de petróleo (Manouchehri, 2017); Es necesario reducir los riesgos tanto a largo plazo para los benefactores del mar como a corto plazo para los responsables de las operaciones de desmantelamiento, teniendo en cuenta las recomendaciones de seguridad, medio ambiente y salud (HSE). Los riesgos de seguridad de las diferentes opciones de desmantelamiento deben evaluarse y compararse teniendo en cuenta los riesgos para los *trabajadores en alta mar*, tales como: lesiones, trabajo modificado, tiempo de operación y muertes (Fowler et al., 2014).

Se mencionaron otros riesgos relacionados con la navegación, los peligros de la pesca, las actividades de buceo, la exposición a lodos de perforación y la exposición a materiales tóxicos (Koroma et al., 2019). Se evidenció que cada alternativa de desmantelamiento genera diferentes riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores debido a que son procesos extremadamente complejos, con el potencial de desencadenar accidentes fatales por el manejo de estructuras pesadas y el contacto con productos tóxicos. La mayor incidencia de accidentes graves se debe al levantamiento de estructuras pesadas y a las actividades de elevación; actividades de corte con la ayuda de un buzo; problemas de comunicación; y riesgos de colisiones en el transporte de estas estructuras (Cunha et al., 2022; Koroma et al., 2019; Melbourne et al., 2021). Uno de los principales problemas destacados es el hecho de que los operadores se enfrentan a la tarea de no poder determinar el alcance de sus operaciones (Koroma et al., 2019).

3.4 Evaluación multicriterio

Seis artículos mencionaron la importancia de la evaluación multicriterio dentro de los proyectos de desmantelamiento (Manouchehri, 2017; Souza et al., 2022; Fowler et al., 2014; Al-Ghuribi, et al., 2015; Lima, Monteiro, 2021; Melbourne et al., 2021). Es necesaria una evaluación de los escenarios y criterios de evaluación en el desmantelamiento por parte de los operadores que formulan el PDI, con el fin de abarcar, en su alcance, una evaluación de los riesgos para la seguridad y salud del trabajador.



3.5 Matriz de impacto cuantitativo

Dos artículos mencionaron la importancia de la matriz cuantitativa de impacto (Manouchehri, 2017; Melbourne et al., 2021). En el Reino Unido y Europa, entre 1990 y 2002, se utilizó una QRA (Evaluación Cuantitativa de Riesgos) para las estadísticas de accidentes, con el objetivo de ajustar la función de densidad a la tasa de lesiones graves y la tasa de accidentes mortales en cuatro categorías de actividades de desmantelamiento: *en tierra*, *en alta mar* sobre el agua, buceo aéreo y buceo saturado. Se analizaron las estimaciones de horas de trabajo en cada categoría para diferentes opciones de desmantelamiento (Melbourne et al., 2021).

3.6 Organismos reguladores y legislación

Siete artículos mencionaron la importancia de los organismos reguladores y el desempeño de la legislación con respecto a la salud y seguridad de los trabajadores (Souza, et al., 2022; Al-Ghuribi et al., 2016; Lima, Monteiro, 2021; Cunha et al., 2022; Khalidov et al., 2021; Koroma et al., 2019; Melbourne et al., 2021). Se citaron algunas resoluciones sobre gestión de riesgos, gestión de la seguridad operacional en la plataforma y gestión de la seguridad de los sistemas submarinos (Souza, et al., 2022; Al-Ghuribi et al., 2016; Khalidov et al., 2021) como decisivos en el ámbito del criterio de seguridad y protección de los trabajadores; los cuales son influenciados por algunas agencias como el Instituto Brasileño de Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables (IBAMA), la Agencia Nacional de Petróleo (ANP) y la Marina de Brasil, dentro de los proyectos *de desmantelamiento de plataformas marinas* (Al-Ghuribi et al., 2016; Lima, Monteiro, 2021; Cunha et al., 2022).

La experiencia del Reino Unido y Noruega, por su parte, refleja la institución de una definición de metas, donde los operadores deben crear sus propios objetivos y el regulador analiza todo el proceso para gestionar la seguridad. En Estados Unidos, el regulador establece varios requisitos que deben ser cumplidos por el operador (Cunha et al., 2022). Estos aspectos reflejan la necesidad de un marco jurídico adecuado para el desmantelamiento en el contexto de la salud y la seguridad de los trabajadores en las operaciones de petróleo y gas (Koroma et al., 2019; Melbourne et al., 2021).



3.7 Sindicatos y universidades

En un artículo se mencionaba la influencia de los sindicatos de trabajadores y las universidades en la elección de métodos apropiados para llevar a cabo el trabajo en actividades relacionadas con la salud y la seguridad, minimizando al mismo tiempo los riesgos. La universidad es vista como la que favorece la creación de tecnologías y métodos al proponer investigaciones para optimizar los procesos de desmantelamiento (Cunha et al., 2022).

3.8 Plan de seguridad

Dos artículos mencionaron la creación de planes de seguridad como un factor decisivo para la salud y seguridad de los trabajadores en actividades *en alta mar* (Cunha et al., 2022; Khalidov et al., 2021). Se discutió que la seguridad depende de aspectos como: condiciones climáticas, ubicación; detalles técnicos del proyecto; resistencia del material; formación técnica del equipo y nivel de experiencia del equipo de trabajo (Cunha et al., 2022). Por lo tanto, es necesario contar con un plan de preparación para el desmantelamiento que indique propuestas para la gestión de riesgos de seguridad industrial, basadas en la evaluación de riesgos para el cumplimiento de las medidas de seguridad en la fase de soporte de ingeniería y durante las operaciones. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos: cambios en las características de los peligros en las etapas del proyecto de desmantelamiento; información detallada sobre los peligros y riesgos; una gestión eficaz del cambio; aplicación, seguimiento y análisis de métodos de trabajo seguros; relaciones e interacción con las autoridades reguladoras y las partes interesadas (Khalidov et al., 2021).

4. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática de la literatura fue investigar lo que se ha reportado sobre la Salud y Seguridad de los Trabajadores en las actividades de desmantelamiento en alta mar para la producción de *petróleo y gas*. La discusión de los resultados se constituirá a partir de la interacción entre las características de los estudios con las categorías temáticas; Interpretar y discutir las limitaciones e implicaciones para la práctica e investigación futuras.

Como se señaló, los estudios incluidos se centran principalmente en Europa y Brasil, seguidos de Asia, Oceanía y América del Norte. Según el Instituto Brasileño de Petróleo, Gas y Biocombustibles [IBP] (2017), en los últimos años ha crecido el número de proyectos de



desmantelamiento en alta mar, *principalmente debido al final de la vida útil de varios campos que iniciaron sus operaciones en la década de 1970, especialmente el Mar del Norte*. Ante este panorama, el aumento de los activos destinados al desmantelamiento, combinado con normas medioambientales y regulatorias cada vez más estrictas para las actividades offshore, ha hecho que la desmovilización de las infraestructuras productivas sea una prioridad para *las empresas offshore*. Por lo tanto, la desactivación de estos campos pronto requerirá un esfuerzo significativo.

Brasil, al ser un *actor importante* en el sector energético, es ampliamente reconocido por su matriz energética predominantemente renovable y por su papel activo en la formulación de la agenda de transición energética mundial. En este contexto, el debate sobre el destino de las instalaciones de petróleo y gas, tanto a nivel nacional como internacional, debe estar entre las principales prioridades de la planificación energética y de la estrategia de posicionamiento del país (FGV Energia, 2024). En vista de las diferentes realidades de los países con el tema, el desmantelamiento *en alta mar* varía mucho, reflejando las particularidades de cada mercado y la etapa de desarrollo de sus industrias de petróleo y gas; lo que consecuentemente afecta la estabilidad de la investigación demostrada en la revisión sistemática en el período de 2009 a 2017 y el crecimiento a partir de 2019 sobre el tema en cuestión (FGV Energia, 2022).

A partir del análisis de los hallazgos sobre la salud y seguridad de los trabajadores, la gestión y evaluación de riesgos, en las actividades presentes en cada alternativa *de desmantelamiento en alta mar*, ha sido ampliamente reconocida y debatida dentro de los convenios con el fin de garantizar, con más conocimiento y eficiencia, la seguridad de las operaciones (Khalidov et al., 2021). Es necesario desarrollar planes que presenten propuestas claras para la gestión de los riesgos de seguridad industrial, basados en la evaluación detallada de riesgos y la implementación de medidas de seguridad durante las fases de soporte de ingeniería y ejecución de las obras. Es necesario tener en cuenta varios factores, tales como: la variación de las características de peligro en cada etapa del desmantelamiento; el suministro de información más precisa sobre los riesgos y peligros involucrados; la adecuada gestión de los cambios; la aplicación, el seguimiento y la evaluación de métodos de trabajo seguros; y la interacción con las autoridades reguladoras y las partes interesadas. Sin embargo, todavía existen vacíos significativos en la literatura con respecto al mapeo de estos riesgos específicos en cada fase de estas actividades. Así, la falta de datos repercute directamente en la dificultad de desarrollar procedimientos adecuados para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores implicados (Cunha et al., 2022; Khalidov et al., 2021).



Por otro lado, la adopción de metodologías como la evaluación multicriterio y la matriz de impacto cuantitativo abren nuevas posibilidades para el avance de la investigación en esta área, ya que proporcionan un enfoque más detallado y estructurado para la identificación y análisis de riesgos, teniendo en cuenta la ejecución de actividades más seguras y sostenibles; priorizando medidas de control basadas en una visión más integrada y cuantitativa (Caprace et al., 2023; Souza et al., 2022). En este enfoque, el uso de metodologías multicriterio permite evaluar las diferentes alternativas a partir de múltiples variables, como la salud y la seguridad, aspectos socioeconómicos, técnicos, ambientales y de gestión de residuos, permitiendo ajustar tanto los criterios como sus ponderaciones de manera flexible, de acuerdo con las particularidades de cada realidad (Borges, 2018). Sin embargo, a pesar de que estas metodologías -Análisis Multicriterio y Matriz de Impacto Cuantitativo- representan un camino prometedor, aún existe una importante falta de investigación y de datos concretos por parte de los operadores que formulan el Programa de Desmantelamiento de Instalaciones (PDI) que puedan apoyar su aplicación práctica en escenarios reales de desmantelamiento de sistemas de producción *en alta mar* petróleo y gas, para profundizar el criterio de salud y seguridad de los trabajadores (Fowler et al., 2014; Al-Ghuribi et al., 2016).

En el contexto de las actividades de desmantelamiento de los sistemas de producción de petróleo y gas, la legislación y los organismos reguladores desempeñan un papel clave en la definición de los criterios y procedimientos relacionados con la salud y la seguridad de los trabajadores. Siete artículos de esta revisión abordan la importancia de los organismos reguladores y de inspección en este proceso, y se aconseja, como aspecto central de esta diversidad regulatoria, la adaptación de las normas a las condiciones geográficas, ambientales y sociales locales (Al-Ghuribi et al., 2016). Por ejemplo, los países con un alto número de *plataformas marinas* pueden tener requisitos más estrictos en términos de monitoreo y mitigación de riesgos ambientales, mientras que las naciones con sectores menos desarrollados pueden enfocarse en pautas relacionadas con la seguridad ocupacional debido a la falta de infraestructura avanzada. Esto crea un panorama regulatorio fragmentado, donde las prácticas de desmantelamiento seguras y ambientalmente responsables pueden variar significativamente (Madi, 2018).

Contextualizando el escenario actual en Brasil, en el que prevalecen algunos desafíos para las agencias reguladoras (ANP, IBAMA y la Marina de Brasil), el choque surge en múltiples frentes: cuestiones relacionadas con la gestión de residuos y la infraestructura portuaria; cadena de servicios especializada en desmantelamiento y; la inexperiencia del país en este tipo de operaciones. Por lo tanto, se observa que, a pesar de los avances regulatorios,



con la publicación de la Resolución ANP N° 817/2020, aún es posible observar un escenario normativo fragmentado entre diferentes organismos. Esto da lugar a una regulación dispersa, compuesta por normas que muchas veces carecen de coordinación con otros sectores y con la industria (Steenhagen, 2020). Otro aspecto adicional se refiere al hecho de que los procesos de toma de decisiones aún se llevan a cabo de manera independiente, con diferentes plazos y procedimientos, lo que dificulta la eficiencia y articulación de las actividades regulatorias en este contexto (Steenhagen, 2020).

Las universidades juegan un papel importante en la evolución de las prácticas de desmantelamiento, especialmente cuando se realizan investigaciones centradas en el análisis de múltiples criterios que influyen en estas operaciones (Cunha et al., 2022). Al analizar los riesgos inherentes a la salud ocupacional y la seguridad de los trabajadores en *entornos offshore* enfocados en la remoción de equipos *submarinos*, las instituciones académicas no solo profundizan el conocimiento científico, sino que también ofrecen subsidios técnicos para que los organismos reguladores ajusten sus lineamientos de manera más efectiva, basados en evidencia (DescomSub, 2024). Esto fortalece la capacidad de las autoridades para anticipar y mitigar los riesgos potenciales durante el desmantelamiento, promoviendo un ciclo de mejoras continuas.

En este sentido, la ergonomía de la actividad puede contribuir significativamente a la salud y seguridad en los proyectos de desmantelamiento, reconociendo a los trabajadores como actores activos que construyen y modifican sus formas de trabajo (Falzón, 2006). Es posible entender el trabajo y construir la concepción de un proyecto, acercándolo al trabajo real a través de la participación de los trabajadores en los procesos de mejora y transformación; teniendo en cuenta las Situaciones Características de Acción (SAC) que pueden identificar fuentes de diversidad y variabilidad y proporcionar información útil sobre las situaciones de las actividades existentes (Béguin, 2006; Nascimento y Rocha, 2021).

Otro aspecto a analizar es la cuestión del desmantelamiento, enfrentando a la Ergonomía con un gran reto no mencionado en la revisión de la literatura, que va más allá de la reestructuración de las condiciones de trabajo. Este proceso exige una reflexión profunda sobre la reutilización de materiales, el modelo económico de las empresas y la creación de nuevas oportunidades de desarrollo, con la mirada puesta en el territorio. Los procesos de fin de vida útil de los medios de producción implican no solo el cierre de actividades, sino también la necesidad de replantear la gestión de residuos y el impacto económico y social de estas transformaciones. La Economía de la Funcionalidad y la Cooperación (EFC) propone una nueva forma de pensar el desarrollo económico, integrando empresas, comunidades y gestores



locales de forma cooperativa. En este modelo, el desmantelamiento puede verse como una oportunidad para reintegrar territorios en ecosistemas productivos más sostenibles y resilientes (Du Tertre et al., 2019).

Sin embargo, la implementación de este enfoque requiere un compromiso social y económico más robusto, que tenga en cuenta las especificidades locales y las políticas públicas necesarias para viabilizar su aplicación. En Brasil, donde las políticas orientadas a la sostenibilidad aún se están consolidando, la Economía Circular puede generar innovación, pero su efectividad depende de una integración más consistente de las dimensiones económica y social y de una reflexión sobre nuevos modelos de negocio que respeten el medio ambiente y satisfagan las necesidades de la comunidad local (Lima et al., 2022; Pereira y Messias, 2024).

5. CONCLUSIÓN

El desmantelamiento de las *instalaciones en alta mar* se enfrenta a retos complejos en lo que respecta a la seguridad y la salud de los trabajadores. A partir de la revisión sistemática de la literatura, se evidenció una escasez de información detallada y específica que aborde la realidad en este contexto. A pesar de que los estudios analizados contribuyen significativamente, la mayoría de las investigaciones aún se centran en otros aspectos, dejando un vacío considerable en el abordaje de los riesgos a los que se enfrentan los profesionales. Las limitaciones encontradas se refieren a la falta de datos sobre el tema, que promuevan una reflexión significativa sobre la realidad de la salud y la seguridad. Es necesario reconocer los límites de la investigación y abordarlos de manera proactiva. Esto puede incluir invertir en metodologías que busquen mejorar los métodos actuales; haciéndolos reflejar la realidad operativa a través del seguimiento de las actividades laborales y los modelos de gestión de las actividades laborales y el aprovechamiento de residuos.

REFERENCIAS

- Al-Ghuribi, T. M. Q., Liew, M. S., Zawawi, N. A., & Ayoub, M. A. (2016). *Decommissioning decision criteria for offshore installations and well abandonment. Engineering Challenges for Sustainable Future - Proceedings of the 3rd International Conference on Civil, Offshore and Environmental Engineering, ICCOEE 2016*, 81–86. CRC Press/Balkema.
- Béguin, P. (2006). O ergonomista, ator da concepção. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomia* (p. 322). São Paulo: Edgard Blücher.
- Bittencourt, J. M., et al. (2017). Construção da experiência: uma proposta para se pensar a atividade de trabalho em projetos. *Revista Ação Ergonômica*, 12(2). <https://doi.org/10.17648/rea.v14i1-11>



- Borges, P. R. (2018). Análise quantitativa e qualitativa do descomissionamento do sistema submarino de um campo petrolífero. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Caprace, J. D., Souza, M. I. L., Ferreira, C. V., & Nicolosi, E. R. (2023). *A new multi-criteria decision-making tool for subsea oil and gas asset decommissioning*. In *ASME 2023 42nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, 11-16 June 2023, Melbourne. New York: ASME.
- Cunha Jácome Vidal, P., Aguirre González, M. O., Cassimiro de Melo, D., de Oliveira Ferreira, P., Vasconcelos Sampaio, P. G., & Lima, L. O. (2022). *Conceptual framework for the decommissioning process of offshore oil and gas platforms*. *Marine Structures*, **85**. Elsevier Ltd.
- De Souza, K. A., Barbosa, L. C. M., Jacques, T. M. H. D. S., & Bourbon, V. J. C. (2022). *New regulatory instrument for Brazilian decommissioning of oil and gas installations*. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, **8**(4).
- DescomSub. (2024). *Análise comparativa de metodologias de gestão de riscos operacionais no projeto de descomissionamento de uma plataforma de produção de óleo e gás: Um estudo de caso*. Disponível em: <https://descomsub.com/2024/03/27/elementor-484-2/>. Acesso em 23 de setembro, 2024.
- Du Tertre, C., Vuidel, P., & Pinet, C. (2019). Desenvolvimento sustentável dos territórios: A via da economia da funcionalidade e da cooperação. *Horizontes Interdisciplinares da Gestão*, **2**(5), 1–25.
- Dul, J., & Neumann, W. P. (2009). *Ergonomics contributions to company strategies*. *Applied Ergonomics*, **40**(4), 745–752.
- FGV Energia. (2021). *Caderno de Descomissionamento*. Fundação Getulio Vargas. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_de_descomissionamento_rev4_3_ok.pdf. Acesso em 11 de novembro, 2024.
- FGV Energia. (2022). Aspectos socioeconômicos por trás das atividades de descomissionamento: Lições aprendidas do outro lado do Atlântico. *Cadernos FGV Energia*, **9**(13). Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/di/caderno_de_descomissionamento-aspectos-socio-economicos-fgv.pdf. Acesso em 22 de setembro, 2024.
- Fowler, A. M., Macreadie, P. I., Jones, D. O. B., & Booth, D. J. (2014). *A multi-criteria decision approach to decommissioning of offshore oil and gas infrastructure*. *Ocean & Coastal Management*, **87**, 20–29.
- Khalidov, I., Milovidov, K., & Soltakhanov, A. (2021). *Decommissioning of oil and gas assets: industrial and environmental security management, international experience and Russian practice*. *Heliyon*, **7**. Elsevier Ltd.
- Koroma, S. G., Animah, I., Shafiee, M., & Tee, K. F. (2019). *Decommissioning of deep and ultra-deep water oil and gas pipelines: Issues and challenges*. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, **22**(4), 470–487.
- Lima, F. P. A. (2004). A formação em ergonomia: Reflexões sobre algumas experiências de ensino da metodologia de análise ergonômica do trabalho. In Kiefer, F., Fagá, M. F. S., & Sampaio, M. C. (Eds.), *Trabalho, educação e saúde* (pp. 133–148). Vitória: Fundacentro.



- Lima, F. P. A., et al. (2022). Ecosistemas cooperativos de produção e inovação servicial: Economia da funcionalidade e da cooperação (EFC) e desenvolvimento territorial. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG (Núcleo Alter-Nativas de Produção).
- Lima, Y. Q. de, & Monteiro Gomes, L. F. A. (2021). Identificação e valoração dos critérios de decisão em projetos de descomissionamento offshore. **Revista de Gestão e Projetos**, 12(2), 9–27.
- Madi, J. F. F. (2018). Descomissionamento de sistemas de produção offshore de óleo e gás: Critérios ambientais para avaliação de alternativas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Manouchehri, S. (2017). *Subsea pipelines and flowlines decommissioning: What we should know for a rational approach*. **ASME International**.
- Melbourne-Thomas, J., Hayes, K. R., Hobday, A. J., Little, L. R., Strzelecki, J., Thomson, D. P., et al. (2021). *Decommissioning research needs for offshore oil and gas infrastructure in Australia*. **Frontiers in Marine Science**, 8. Frontiers Media S.A.
- Nascimento, A., & Rocha, R. (2021). Análise do trabalho em ergonomia: Modelos, métodos e ferramentas. In D. Braatz, R. Rocha, & S. Gemma (Eds.), **Engenharia do trabalho: Saúde, segurança, ergonomia e projeto** (pp. 411–433). Campinas: Ex-Libris.
- National Library of Medicine*. (2022, December 30). A declaração PRISMA 2020: Diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. Retrieved May 21, 2023, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9798848>
- Nicolosi, E. R., et al. (2018). Descomissionamento de sistemas de produção offshore de óleo e gás: Cenário atual e perspectivas futuras. Anais do Rio Oil & Gas, Rio de Janeiro.
- Osmundsen, P., & Tveterås, R. (2003). *Decommissioning of petroleum installations—Major policy issues*. **Elsevier Science**.
- Pereira, M. L. A. (2024). A abordagem formativa em uma cooperativa de material reciclável: confrontação da análise do trabalho para promoção da aprendizagem expansiva. **Revista Ação Ergonômica**. ISSN 2965-7318. doi: 10.4322/rae.v18n2.e202406
- Petrobras. (2022). Usaremos descomissionamento de plataformas como modelo de destinação verde. Retrieved June 26, 2024, from <https://petrobras.com.br>
- Petrobras. (2023). Exploração e produção de petróleo e gás – Tipos de plataformas. Disponível em: <https://petrobras.com.br>. Acesso em : jun 20, 2024
- Queiroz, F. A., & Souza, L. N. de. (2020). A evolução do conceito de trabalho e sua relação com o desenvolvimento econômico. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, 17(29), 146–160. <https://doi.org/10.22481/ccsa.v17i29.6647>
- Ruivo, F. M. (2001). Descomissionamento de sistemas de produção. Dissertação de mestrado para o curso de Engenharia mecânica. 181p. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.
- Soós, R., Balogh, B., Dobos, G., Szávai, S., & Dudra, J. (2019). *Innovative technologies in training and education for maintenance teams of NPPs*. **EPJ Nuclear Sciences & Technologies**, 5, 21.
- Steenhagen, M. X. (2020). A regulação do descomissionamento de instalações marítimas de produção de óleo e gás e sua relação com a viabilidade dos campos maduros no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola Superior em Guerra, Rio de Janeiro.



Yanniello, R., & Paoletti, G. J. (2009). *Safety and environmental evaluation of insulating media in medium-voltage distribution equipment*. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 45(3), 1155–1158.