



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01
de dezembro 2023

Boas práticas na logística reversa do descomissionamento offshore de óleo e gás

Júlia Fernandes Sant' Ana
PEP/COPPE/UFRJ

Lino Guimarães Marujo
PEP/COPPE/UFRJ

Resumo: O crescente aumento no número de projetos de descomissionamento de estruturas offshore de óleo e gás tem elevado o nível de atenção para essa atividade. Além disso, os acontecimentos históricos do descomissionamento no Mar do Norte impulsionaram a implementação do tripé da sustentabilidade no processo de descomissionamento. Portanto, este artigo tem como objetivo identificar as boas práticas na logística reversa das estruturas offshore de óleo e gás descomissionadas por meio de uma revisão sistemática de literatura. Os resultados deste artigo contribuem para a efetivação da economia circular dos elementos recuperados nesta atividade, considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Palavras-chave: Boas práticas, Descomissionamento, Óleo e gás, Sustentabilidade.

Good practices in the reverse logistics of offshore oil and gas decommissioning

Abstract: The growing number of decommissioning projects for offshore oil and gas structures has raised the level of attention to this activity. In addition, the historical events of decommissioning in the North Sea have driven the implementation of the tripod of sustainability in the decommissioning process. Therefore, this article aims to identify good practices in the reverse logistics of decommissioned offshore oil and gas structures through a systematic literature review. The results of this article contribute to the circular economy of the elements recovered in this activity, considering environmental, economic and social aspects.

Keywords: Good practices, Decommissioning, Oil and gas, Sustainability.

1. Introdução

A quantidade de projetos de descomissionamento offshore no setor de óleo e gás (O&G) vem crescendo constantemente. De acordo com a IHS Markit são previstos US\$ 100 bilhões com descomissionamento offshore de O&G para o período de 2021 a 2030 (ULLEVIK, 2021). De forma mais detalhada, cerca de 2.800 plataformas fixas e 160 plataformas flutuantes poderão ser desativadas durante esse período, representando 33% das plataformas fixas e 43% das plataformas flutuantes atualmente em operação. Além disso, 18.500 cabeças de poço, 2.850 árvores submarinas e 83 mil quilômetros de oleodutos e umbilicais offshore estão no radar do descomissionamento (ULLEVIK, 2021).

O descomissionamento refere-se especificamente a uma série de processos envolvidos na desativação de uma instalação no final de sua vida útil (CAPOBIANCO et al., 2021a). Geralmente, as opções de descomissionamento offshore incluem: remoção parcial ou total e permanência in situ (MARTINS et al., 2020). No entanto, cada estrutura offshore de O&G é diferente e, portanto, requer uma abordagem personalizada para o descomissionamento.

O interesse pela redução dos impactos do descomissionamento tem aumentado ao longo dos anos (CAPOBIANCO et al., 2022). Principalmente após o caso da Brent Spar evidenciar a importância das relações entre os stakeholders (SNASHALL, 2018). Porém, alcançar a sustentabilidade no descomissionamento não é algo trivial, pois requer envolver várias partes interessadas multissetoriais, multidisciplinares e com interesses diferentes (CAPOBIANCO et al., 2022).

De acordo com Capobianco et al. (2021b) a economia circular deve ser considerada no contexto do descomissionamento offshore de O&G devido à possibilidade de aumentar o valor econômico. Podendo os princípios economia circular serem adotados em diferentes níveis, como: i) melhorar a separação de ligas metálicas de alta qualidade, com o objetivo de tornar mais eficaz o processo de reciclagem; ii) reutilizar ativos e garantir mercado de sucata; e iii) reaproveitar dutos com a finalidade de transportar CO₂, eliminando o processo de removê-los.

A remoção da infraestrutura pode proporcionar impacto negativo ao meio ambiente, uma vez que essa instalação se transformou em habitat de espécies marinhas (SOMMER et al., 2019). No entanto, é necessário pontuar que a presença de substâncias perigosas, incluindo material radioativo natural, e a oxidação de outros componentes podem gerar efeitos no ecossistema marinho (CAPOBIANCO et al., 2021b). Portanto, é fundamental incluir a gestão de resíduos e a determinação da destinação adequada dos mesmos.

Existe uma série de instituições que evidenciam a necessidade do gerenciamento de materiais e resíduos do descomissionamento offshore de O&G. A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS) promove a proteção do meio ambiente marinho indicando a necessidade de disposição adequada de resíduos (UNCLOS, 1982). Em vigor desde 1998, a convenção para Proteção do Meio Ambiente Marinho apresenta em seus anexos aspectos de prevenção e eliminação da poluição do ambiente marinho (OSPAR CONVENTION, 1992). A Organização Marítima Internacional (IMO), agência das Nações Unidas, por meio da Convenção de Hong Kong, de 2009 e que entrará em vigor em 2025, estabelece norma e diretrizes para descomissionamento e reciclagem de navios. Em 2020 a associação mundial da indústria petrolífera e do gás (IPIECA), realizou uma conferência internacional sobre a Gestão de Materiais Radioativos de Ocorrência Natural (NORM) com o objetivo de contribuir para boas práticas da gestão de resíduos (IPIECA, 2020).

O Banco Mundial preparou um relatório intitulado “Descomissionamento sustentável de campos de petróleo e minas”. Ao considerar práticas para gestão ambiental e social, o documento destaca-se a necessidade de desenvolver um plano de descomissionamento considerando autoridades, sociedade e outras partes interessadas relevantes. Entre um

dos aspectos a ser observado nesse planejamento está a identificação de opções de disposição final para equipamentos e materiais, incluindo produtos utilizados e resíduos gerados no local (ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT, 2009).

Ultimamente a pressão global crescente tem forçado as organizações a recalibrar suas estratégias de operações para incluir perspectivas das três dimensões da sustentabilidade, de modo a alcançar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável até o ano de 2030 (MANGLA et al., 2020). O paradigma do desenvolvimento sustentável está diretamente relacionado aos três pilares da sustentabilidade: desenvolvimento econômico, proteção ambiental e desenvolvimento social. Esses três pilares constituem o conceito de triple bottom line (TBL) de desenvolvimento sustentável (NARAYANAN; SRIDHARAN; KUMAR, 2019). A literatura ainda necessita de estudos centrados sobre as oportunidades emergentes do descomissionamento offshore (CAPOBIANCO et al., 2021b), principalmente aqueles que destacam os desafios dessa atividade considerando as crescentes preocupações com o gerenciamento de resíduos para alcance do desenvolvimento sustentável (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). Nesse sentido, esta pesquisa visa contribuir com essa lacuna investigando através de uma revisão sistemática de literatura o seguinte problema de pesquisa: quais são as boas práticas a serem adotadas na logística reversa de estruturas offshore de O&G descomissionadas na perspectiva TBL?

Este artigo está dividido em mais três seções, além desta introdução ao tema geral do tema a ser estudado. A segunda seção traz a metodologia empresa com seus respectivos passos. Na seção seguinte encontram-se os resultados da revisão sistemática segmentada pelo TBL. E por fim, na última seção está a conclusão com apresentação do resultado, limitações da pesquisa e oportunidades para trabalhos futuros.

2. Metodologia

Este estudo consiste em uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de identificar as boas práticas da logística reversa das estruturas offshore do setor de O&G com base nas categorias ambiental, econômica e social. A revisão sistemática da literatura é um procedimento metodológico que compreende uma investigação sobre o conhecimento agregado por um determinado assunto (BIROCHI, 2015). Para revisão sistemática foi utilizado o Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), apresentado em Page et al. (2021), para estruturar esse procedimento.

As bases ScienceDirect e Scopus, que foram acessadas no dia 24 de abril de 2023, e a string utilizada para a busca dos artigos foi: ("reverse logistics" OR "waste management" OR "circular economy") AND ("offshore" OR "oil and gas") AND "decommissioning", considerando o período de 2012 a 2023. Com isso, foram retornados 996 documentos.

A Figura 1 apresenta as etapas para a seleção dos artigos. Primeiramente, foram retirados sete arquivos da quantidade bruta, pois estavam duplicados. Em seguida foi analisado o título, que deveria apresentar alguma relação com a atividade de logística reversa de estruturas offshore do setor de O&G. Com isso, foram eliminados 848 documentos. Por fim, foi realizada a leitura dos resumos, que deveriam estar associados com o tema desta pesquisa. Assim, após a leitura de 141 resumos, apenas 17 artigos foram selecionados para formarem o portfólio desta pesquisa.

Figura 1 – Esquemática para determinação do portfólio



Fonte: Os autores

Sabendo do procedimento para definição do portfólio, o Quadro 1 apresenta todos os artigos que fazem parte do portfólio bem como o ano correspondente a publicação.

Quadro 1 – Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa

Nº	Artigo	Ano
1	Economic and environmental perspectives of end-of-life ship management	2016
2	Quantitative assessment of material composition of end-of-life ships using onboard documentation	2016
3	A BIM-based framework for lift planning in topsides disassembly of offshore oil and gas platforms	2017
4	Sustainable recycling of mooring ropes from decommissioned offshore platforms	2018
5	A global push for circular economy projects	2020
6	Data integration for offshore decommissioning waste management	2020
7	Benchmarking and compliance in the UK Offshore Decommissioning hazardous waste stream	2021
8	Challenges and Lessons Learnt on Waste Management and Disposal from Mauritania Deepwater Abandonment and Decommissioning Campaign	2021
9	Toward a sustainable decommissioning of offshore platforms in the oil and gas industry: A pestle analysis	2021
10	A review of end-life management options for marine structures: State of the art, industrial voids, research gaps and strategies for sustainability	2022
11	Conceptual framework for the decommissioning process of offshore oil and gas platforms	2022
12	Decommissioning of offshore oil and gas platforms: A systematic literature review of factors involved in the process	2022
13	Decommissioning of Oil and Gas facilities in Nigeria: Challenges and Opportunities	2022
14	Dynamic modeling of global fossil fuel infrastructure and materials needs: Overcoming a lack of available data	2022
15	End-of-life management of oil and gas offshore platforms: challenges and opportunities for sustainable decommissioning	2022
16	Quantifying greenhouse gas emissions from decommissioned oil and gas steel structures: Can current policy meet NetZero goals?	2022
17	Radiological assessment of the disposal of bulk oil NORM waste: Case study from Brazil	2023

Fonte: Os autores

3. Análise dos resultados

3.1 Ambiental

O processo de desmontagem das estruturas offshore de O&G pode gerar poluição ambiental devido à presença de resíduos sólidos (metais pesados e amianto), de resíduos líquidos (água de lastro e óleos) e da emissão de gases perigosos (CHOI et al., 2016; SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). A aplicação de design sustentável, que simplifica a desmontagem da estrutura, é uma maneira de melhorar a perspectiva ambiental desse processo (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). No caso da emissão de gases de efeito estufa, Vidal et al. (2022a, 2022b) afirmam ainda não existe um programa regulatório de controle da emissão de gases de efeito estufa no processo de logística reversa das estruturas offshore, cabendo às empresas controlar as suas emissões.

Em termos de classificação dos resíduos, eles podem ser categorizados como resíduos perigosos e não perigosos. Os resíduos perigosos ocorrem principalmente devido à contaminação por hidrocarbonetos ou por Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) (ZAINI et al., 2021). Para operacionalizar a logística reversa do descomissionamento offshore, Ford et al. (2021) afirmam que stakeholders como estaleiros

e empresas de gerenciamento de resíduos devem estar licenciados para lidar com esses resíduos, que devem ser identificáveis, rastreáveis e manuseados corretamente.

A incorporação da abordagem da economia circular no processo de descomissionamento possibilita minimizar a necessidade de descarte, bem como a maximização do volume de resíduos a ser reutilizado ou reciclado (CAPOBIANCO et al., 2022; FORD et al., 2021). De acordo com Akinyemi, Sun e Gray (2020), o descomissionamento offshore do Reino Unido emprega o conceito de economia circular. Dessa maneira, é possível criar um caminho para a redução de custos, no qual o item recuperado é mantido em maior tempo de uso, obtendo uma extração máxima de valor (AKINYEMI; SUN; GRAY, 2020). Portanto, aumentar a sustentabilidade do processo de descomissionamento significa buscar criar soluções de gerenciamento de resíduos mais econômicas e benéficas para as partes interessadas a longo prazo (CAPOBIANCO et al., 2022).

Portanto, a hierarquia dos resíduos auxilia o gerenciamento sustentável de resíduos, primeiramente se busca a reutilização, ou seja, os itens são usados em outras aplicações. A segunda alternativa é a reciclagem, na qual retorna o material sucateado em um estágio anterior no ciclo de vida. Quando nenhuma das alternativas anteriores é possível, ocorre a disposição final que pode ser: aterro, incineração e/ou compactação de resíduos (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022; TAN et al., 2017). Desse modo, a reutilização se mostra a alternativa mais sustentável, pois a reciclagem pode aumentar os níveis de emissão de gases de efeito estufa enquanto que a disposição final pode trazer impactos ambientais negativos (AKINYEMI; SUN; GRAY, 2020). No entanto, o aumento da eficiência no gerenciamento de resíduos pode proporcionar uma redução nas emissões de gases de efeito estufa ao mesmo tempo em que ocorre a redução de custos (LINDAUERE et al., 2020). Choi et al. (2016) indicam que cerca de 809 kg de CO₂ equivalente poderiam ser evitados na reciclagem em comparação com o caso base em que a reciclagem de materiais não é considerada.

De acordo com Ford et al. (2021) entre os requisitos atuais do Reino Unido, as estruturas devem ser descontaminadas de resíduos perigosos antes que qualquer peça possa ser reutilizada ou reciclada. Esses resíduos perigosos devem ser manuseados, transportados e descartados de forma que não afetem a saúde e segurança dos trabalhadores e do meio ambiente (FORD et al., 2021). A literatura aponta exemplos de gerenciamento de resíduos. O amianto deve ser isolado e armazenado em embalagens plásticas antes de ser colocado em recipientes de aço seguros, para então serem aterrados (CHOI et al., 2016). Conforme resíduo NORM (água produzida, lodo, incrustações e itens contaminados) é necessária uma designação de aterro sanitário específico (LOPES; DA SILVA; LOPES, 2023)

Portanto, as boas práticas ambientais na logística reversa das estruturas offshore descomissionadas podem ser resumidas nos seguintes itens: i) Controle da poluição ambiental com análises quantitativas da água, do ar e do solo; ii) Controle da emissão de gases perigosos; iii) Classificação dos resíduos conforme sua periculosidade e composição e iv) Aplicação da abordagem da economia circular para gerenciamento sustentável de resíduos.

3.2 Econômico

A logística reversa das estruturas offshore descomissionadas é afetada diretamente fatores econômicos como: mão de obra, taxas de câmbio e preço da sucata (AKINYEMI; SUN; GRAY, 2020; SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). As margens de lucro limitam a viabilidade da aplicação de medidas sustentáveis. Assim, o trabalho manual costuma ser mais aplicado do que os métodos automatizados (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). No entanto, instalações de reciclagem, descomprometidas com regulamentações internacionais, acabam ofertando valores superiores às instalações que aplicam medidas sustentáveis na operação (CHOI et al.,

2016). Portanto, é importante a criação de um sistema de fundos e incentivos financeiros para desenvolvimento da economia circular das estruturas offshore (CAPOBIANCO et al., 2022).

Regulamentações são necessárias para garantir que o processo ocorra com o menor impacto ambiental e social, (CHOI et al., 2016; SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022; VIDAL et al., 2022b), e, também, para evitar que as partes interessadas na gestão de resíduos entrem em dilemas legais. Enquanto a Convenção de Genebra trata da remoção completa, a norma da UNCLOS permite a remoção parcial. Portanto, os regulamentos devem ser frequentemente revisados em termos de viabilidade econômica e avanços científicos (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022).

A maioria das regras e regulamentos é limitada a documentos, e os protocolos para aplicá-los adequadamente na prática real são insuficientes (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). O Governo tem papel fundamental na definição de normas e procedimentos fiscais, garantindo a proteção ao meio ambiente, aos trabalhadores e à sociedade (VIDAL et al., 2022b). É necessário um envolvimento constante entre os stakeholders e as autoridades para garantir uma estrutura jurídica adequada sobre o processo de descomissionamento (ZAINI et al., 2021).

A ausência de rastreabilidade das informações sobre as instalações offshore de O&G (LE BOULZEC et al., 2022) compromete a avaliação da integridade dos itens recuperados, de forma que se torna um desafio determinar valor no mercado de reciclagem (AKINYEMI; SUN; GRAY, 2020). Para contornar esse obstáculo Akinyemi, Sun e Gray (2020) sugerem o desenvolvimento de uma plataforma para sintetizar os dados de ciclo de vida sobre um item desativado com registro histórico de fabricação, relatório de condição, desenhos 2D e 3D. Essas informações colaboram na estimativa da composição do material na estrutura offshore com maior grau de precisão e na alocação de recursos e estratégias de gerenciamento de resíduos (JAIN; PRUYN; HOPMAN, 2016).

O planejamento do descomissionamento offshore, infraestrutura e logística são fatores que podem beneficiar a atividade de logística reversa com a redução de risco da atividade e tempo de desmontagem, bem como economia no consumo de energia e de custo de transporte (LINDAUERE et al., 2020; TAN et al., 2017; VIDAL et al., 2022a). No entanto, a falta de instalações locais capazes de lidar com o gerenciamento de resíduos não perigosos e perigosos (ZAINI et al., 2021) faz com que o processo de logística reversa seja estabelecido em regiões e países diferentes, como no Reino Unido, que não possui capacidade local para o processo de fundição de aço (AKINYEMI; SUN; GRAY, 2020).

Entre as possibilidades da logística reversa da estrutura offshore, as cerâmicas trituradas podem ser usadas para pavimentação e o vidro triturado pode ser usado para fabricar lâ de vidro e recipientes de vidro (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). A sucata de aço estrutural a granel representa a maior parte da reciclagem de estrutura offshore devido à extensa gama de aplicações e taxa de recuperação eficiente (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). No caso do processo de fundição ser necessário, o Forno Elétrico a Arco, pode ser totalmente carregado apenas com a sucata de aço, enquanto que no processo produtivo via Alto Forno ou Forno Básico de Oxigênio podem ser carregados com até 30% de sucata de aço (DAVIES; HASTINGS, 2022). O aço é levado para terra, onde é cortado, processado e preparado para o transporte para o centro de reciclagem (DAVIES; HASTINGS, 2022), onde são produzidas chapas e cercas (RAJI; OGIRIKI, 2022). Linhas de ancoragem de plataformas FPSO possuem alto valor agregado por serem feitas de poliéster (VIDAL et al., 2022a). Portanto, a prioridade da reciclagem de cabos é utilizar as fibras já formadas em um processo a jusante que não demanda energia, se beneficiando das propriedades das fibras (SUDAIA et al., 2018).

De acordo com Le Boulzec (2022) para contornar as incertezas sobre a quantidade futura de materiais a serem reciclados, a criação de cenários possui efeito significativo no processo de gerenciamento de resíduos. O compartilhamento de informações pode atuar como facilitador para o estabelecimento de relacionamentos entre stakeholders (CAPOBIANCO et al., 2021a). O desconhecimento sobre a presença e volume de materiais perigosos, possivelmente presentes nas estruturas offshore, podem resultar em liberação acidental, causando danos ambientais (FORD et al., 2021).

Portanto, as boas práticas econômicas na logística reversa das estruturas offshore descomissionadas podem ser resumidas nos seguintes itens: i) Criação de fundos e incentivos para aplicação de medidas sustentáveis; ii) Regulamentações para proporcionar segurança jurídica e garantir a sustentabilidade no processo de logística reversa; iii) Garantia da rastreabilidade dos resíduos; iv) Planejamento da infraestrutura e logística; v) Confiabilidade e compartilhamento dos dados das instalações offshore; vi) Análise dos custos de consumo de energia na logística reversa, vii) Compartilhamento de informações entre as partes interessadas.

3.3 Social

O aspecto social representa a compreensão do papel de todas as partes envolvidas no processo de logística reversa do descomissionamento, de forma a desenvolver soluções que otimizam o processo (VIDAL et al., 2022b). O processo de descomissionamento offshore é complexo devido ao potencial de contaminação e à acessibilidade limitada (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). Além disso, é essencial considerar adequadamente as perspectivas de diferentes partes interessadas de durante o processo de tomada de decisões de descomissionamento (CAPOBIANCO et al., 2022).

O descomissionamento demanda empregos relacionados à transição energética, bem como oportunidades marítimas ligadas a bens e serviços de frutos do mar, transporte marítimo e pesca (CAPOBIANCO et al., 2021a). No Reino Unido, o apoio do governo tem sido fundamental para o desenvolvimento estratégico da indústria de descomissionamento, na qual se destacam os serviços para remoção de uma instalação de sua localização offshore e gerenciamento de resíduos em terra (AKINYEMI; SUN; GRAY, 2020). Em Bangladesh cerca de 22 mil trabalhadores são empregados diretamente para o desmonte de navios e 200 mil são empregados indiretamente (CHOI et al., 2016).

No entanto, é necessário ter atenção sobre os riscos à saúde dos funcionários que realizam o processo de gerenciamento de fim de vida e do público em geral (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). Choi et al. (2016) destacam que os custos com a segurança podem representar 50% do custo total da estrutura descomissionada. Neles estão inclusos: treinamentos, equipamentos de segurança, preparação para emergências e salários (CHOI et al., 2016; JAIN; PRUYN; HOPMAN, 2016).

Os mergulhadores estariam expostos a inúmeros riscos de segurança ao cortar o oleoduto. O método de bobina reversa é uma opção considerada segura para remoção de tubos flexíveis de pequeno diâmetro (SENAVIRATHNA; GALAPPATHTHI; RANJAN, 2022). Capobianco et al. (2022) afirmam que as estratégias de proteção para reduzir o risco à saúde devem se estender para as comunidades locais. Os autores destacam a necessidade de medir os riscos de modo sistemático a fim de mitigar os impactos ao meio ambiente e à sociedade.

Portanto, as boas práticas sociais na logística reversa das estruturas offshore descomissionadas podem ser resumidas nos seguintes itens: i) Envolvimento das partes interessadas no processo de logística reversa; ii) Oferecer oportunidades de renda para

comunidade; iii) Mitigar impactos negativos ao meio ambiente e sociedade; iv) Garantir a saúde e segurança dos funcionários.

4. Conclusões

Foram identificadas 15 boas práticas a serem adotadas na logística reversa de estruturas offshore de O&G considerando o TBL. O aspecto econômico é o que se destaca com o maior número de boas práticas, sete ao todo, sendo a regulamentação e desenvolvimento do mercado de logística reserva os principais pontos genéricos discutidos pela literatura. Com isso, percebe-se que os órgãos reguladores necessitam regulamentar o processo de gerenciamento de resíduos, facilitando a integração de informações do ciclo de vida das instalações offshore. Desse modo, se torna possível construir o mercado de itens recuperados no descomissionamento de estruturas offshore de O&G.

No aspecto ambiental, as quatro boas práticas apontadas estão relacionadas à prevenção dos impactos com base no controle e monitoramento do ar, água e solo. Além de identificar as alternativas de destinação final conforme tipo de resíduo. Em termos do aspecto social, a aplicação de estratégias de reaproveitamento de plataformas e de materiais permite criar um impacto positivo em termos de geração de renda e emprego.

Dessa maneira, a revisão sistemática da literatura contribui com a lacuna de pesquisa em relação ao descomissionamento offshore de instalações de O&G. De modo específico, este artigo evidencia elementos que contribuem para o cumprimento de normas no que tange principalmente o gerenciamento de resíduos das instalações offshore de O&G descomissionadas. Além disso, os resultados apresentados contribuem para o desenvolvimento do pensamento circular dos elementos que são recuperados no descomissionamento.

Esta pesquisa tem como limitação a identificação das boas práticas da logística reversa de modo abrangente. Considerando que o aspecto econômico se mostra o mais relevante para o desenvolvimento da logística reversa, trabalhos futuros poderiam contribuir para investigação da integração de dados para fins de gerenciamento de resíduos de descomissionamento offshore. Além disso, sugere-se avaliar a logística reversa de instalações offshore de O&G de determinados países de forma a encontrar elementos que convergem e divergem, contribuindo para atualização das boas práticas nessa atividade.

Referências

AKINYEMI, A. G.; SUN, M.; GRAY, A. J. G. Data integration for offshore decommissioning waste management. **Automation in Construction**, v. 109, p. 103010, 2020.

BIROCHI, R. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC. Brasília: CAPES: UAB, 2015.

CAPOBIANCO, N. et al. Toward a sustainable decommissioning of offshore platforms in the oil and gas industry: A PESTLE analysis. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 11, 2021. a.

CAPOBIANCO, N. et al. Decommissioning of offshore platform: an empirical analysis in the Italian oil & gas industry. **Sinergie Italian Journal of Management**, p. 1–547, 2021. b.

CAPOBIANCO, N. et al. End-of-life management of oil and gas offshore platforms: challenges and opportunities for sustainable decommissioning., v. 40, n. 2, p. 299–326, 2022. **Sinergie**

CHOI, J. K. et al. Economic and environmental perspectives of end-of-life ship management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 107, p. 82–91, 2016.

DAVIES, A. J.; HASTINGS, A. Quantifying greenhouse gas emissions from decommissioned oil and gas steel structures: Can current policy meet NetZero goals? **Energy Policy**, v. 160, 2022.

ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT. Sustainable decommissioning of oil fields and mines. **Framework**, 2009.

FORD, J. et al. Benchmarking and compliance in the UK Offshore Decommissioning hazardous waste stream. In: (B. D. B. C. Castanier B. Cepin M., Ed.) PROCEEDINGS OF THE 31ST EUROPEAN SAFETY AND RELIABILITY CONFERENCE, ESREL 2021 2021, **Anais...** : Research Publishing, Singapore, 2021.

IPIECA. **International conference on the management of naturally occurring radioactive materials (NORM) in industry**. 2020.

JAIN, K. P.; PRUYN, J. F. J.; HOPMAN, J. J. Quantitative assessment of material composition of end-of-life ships using onboard documentation. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 107, p. 1–9, 2016.

LE BOULZEC, H. et al. Dynamic modeling of global fossil fuel infrastructure and materials needs: Overcoming a lack of available data. **Applied Energy**, v. 326, 2022.

LINDAUERE, D. et al. A global push for circular economy projects. In: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS - SPE INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON HEALTH, SAFETY, ENVIRONMENT, AND SUSTAINABILITY 2020, HSE AND SUSTAINABILITY 2020 2020, **Anais...** : Society of Petroleum Engineers, 2020.

LOPES, A. G.; DA SILVA, F. C. A.; LOPES, R. T. Radiological assessment of the disposal of bulk oil NORM waste: Case study from Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 261, 2023.

MANGLA, S. K. et al. Operational excellence for improving sustainable supply chain performance. **Resources, Conservation and Recycling**, 2020.

MARTINS, I. D. et al. A review of the multicriteria decision analysis applied to oil and gas decommissioning problems. **Ocean & Coastal Management**, v. 184, p. 105000, 2020.

NARAYANAN, A. E.; SRIDHARAN, R.; KUMAR, P. N. R. Analyzing the interactions among barriers of sustainable supply chain management practices: A case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 30, n. 6, p. 937–971, 2019.

OSPAR CONVENTION. Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. 1992.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **International Journal of Surgery**, v. 88, n. March, 2021.

RAJI, A.; OGIRIKI, S. Decommissioning of Oil and Gas facilities in Nigeria: Challenges and Opportunities. In: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS - SPE NIGERIA ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION, NAIC 2022 2022, **Anais...** : Society of Petroleum Engineers, 2022.

SENAVIRATHNA, G. R. U.; GALAPPATHTHI, U. I. K.; RANJAN, M. T. T. A review of end-life management options for marine structures: State of the art, industrial voids, research gaps and strategies for sustainability. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 8, p. 100489, 2022.

SNASHALL, D. Assessing the social and economic impacts of oilfield closure and decommissioning. In: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS - SPE SYMPOSIUM: DECOMMISSIONING AND ABANDONMENT 2018 2018, **Anais...** : Society of Petroleum Engineers, 2018.

SOMMER, B. et al. Decommissioning of offshore oil and gas structures – environmental opportunities and challenges. **Science of the Total Environment**, v. 658, p. 973–981, 2019.

SUDAIA, D. P. et al. Sustainable recycling of mooring ropes from decommissioned offshore platforms. **Marine Pollution Bulletin**, v. 135, n. April, p. 357–360, 2018.

TAN, Y. et al. A BIM-based framework for lift planning in topsides disassembly of offshore oil and gas platforms. **Automation in Construction**, v. 79, p. 19–30, 2017.

ULLEVIK, C. de los R. **Are we entering a decade of offshore decommissioning?** 2021.

UNCLOS. United Nations Convention on the Law of the Sea. 1982.

VIDAL, P. D. C. J. et al. Decommissioning of offshore oil and gas platforms: A systematic literature review of factors involved in the process. **Ocean Engineering**, v. 255, 2022. a.

VIDAL, P. da C. J. et al. Conceptual framework for the decommissioning process of offshore oil and gas platforms. **Marine Structures**, v. 85, p. 103262, 2022. b.

ZAINI, A. H. B. A. et al. Challenges and Lessons Learnt on Waste Management and Disposal from Mauritania Deepwater Abandonment and Decommissioning Campaign. In: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS - SPE SYMPOSIUM: DECOMMISSIONING AND ABANDONMENT, SM02 2021 2021, **Anais...** : Society of Petroleum Engineers, 2021.