

Do Mar à Terra: o destino dos resíduos do descomissionamento *offshore*

Por: Isabela Fernandes

Quando plataformas de petróleo e gás chegam ao fim de sua vida útil, o que acontece com as estruturas e equipamentos que ficaram anos submersos no oceano? **O processo de descomissionamento, etapa final do ciclo produtivo *offshore*, não se encerra no mar.** Ele continua em terra firme, onde resíduos e emissões tornam-se os protagonistas de uma nova fase: o desafio *onshore* do descomissionamento.

Compreender os impactos ambientais gerados por essas atividades é fundamental para uma transição sustentável no setor de óleo e gás. Os materiais provenientes do descomissionamento, como aço, polímeros e rejeitos radioativos, podem representar tanto um problema quanto uma oportunidade para a economia circular.

Entre os principais impactos ambientais identificados nas operações *onshore* estão as emissões ligadas à queima de combustíveis fósseis, responsáveis por contribuir para as mudanças climáticas de causa antropogênica.

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), essas alterações têm exposto ecossistemas a condições não vistas há milênios. Além disso, a movimentação de embarcações e caminhões para retirada e transporte dos equipamentos também é uma importante fonte de emissões, como lembra o *World Economic Forum* (2023). Outro impacto relevante é o esgotamento de metais, resultado da extração e uso excessivo de recursos naturais limitados. A indústria de petróleo e gás emprega equipamentos de grande porte, compostos majoritariamente por aço e outros metais. Estudos como os de Lei Xu et al. (2021) e Timothy Prior et al. (2012) indicam que o reaproveitamento de sucata metálica é uma alternativa eficaz para mitigar a escassez desses materiais e reduzir a pressão sobre o meio ambiente. Quando reciclamos equipamentos descomissionados, evitamos a extração de novas matérias-primas e transformamos o processo em uma fonte de sucata valiosa.

Além dos metais, há impactos relacionados à formação de material particulado – pequenas partículas sólidas ou líquidas que permanecem suspensas no ar e podem causar problemas respiratórios e cardiovasculares. Pesquisas de Humbert, Fantke e Jolliet (2015) associam esse fenômeno à queima de combustíveis fósseis e às atividades industriais, comuns tanto nas etapas *offshore* quanto *onshore*. Outro processo químico relevante é a formação de oxidantes fotoquímicos, como o ozônio troposférico, que surge da reação entre óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis sob a ação da luz solar (Kley et al., 1999).

A acidificação terrestre também é um ponto de preocupação. Ela ocorre quando o solo se torna mais ácido devido à deposição de substâncias como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, gases comumente liberados na queima de combustíveis fósseis. Estudos de Azevedo et al. (2013) e Roy et al. (2012) mostram que esse processo pode causar danos à biodiversidade e perdas agrícolas. Outro impacto, a depleção de água, reflete o uso excessivo e a poluição de corpos hídricos, agravados pelas mudanças climáticas (Brauman et al., 2016).

Para avaliar de forma integrada esses impactos diversos, a equipe de pesquisadores do grupo Descom.Sub aplica a ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), normatizada pela ISO 14040 e 14044.

A ACV permite analisar o desempenho ambiental de produtos e serviços ao longo de todo o seu ciclo de vida – do berço ao túmulo, como se diz na literatura técnica. No caso do descomissionamento *offshore*, o foco recai sobre as operações de remoção, transporte, tratamento e destinação final dos equipamentos e resíduos. Tudo é contabilizado, desde o combustível das embarcações até a disposição dos resíduos não recicláveis. É um balanço completo de massa e impacto.

Um dos principais benefícios da aplicação da ACV é a possibilidade de comparar estratégias de fim de vida (End of Life, ou EoL), como reuso, reciclagem ou descarte. A ferramenta ajuda a identificar hotspots – pontos críticos de geração de impacto – e trade-offs ambientais, situações em que reduzir um impacto pode aumentar outro. Um exemplo citado é o caso das linhas submarinas que permanecem in situ, ou seja, no fundo do mar. Essa opção reduz emissões *offshore*, mas também impede o reaproveitamento de metais, elevando o impacto do esgotamento de recursos.

Além de quantificar os impactos, a ACV tem sido fundamental para orientar políticas públicas e decisões empresariais. A metodologia, amplamente utilizada na União Europeia, tem auxiliado na formulação de normas que incentivam a reciclagem e o reuso de materiais.

No Brasil, sua aplicação no descomissionamento aponta para uma meta de reciclagem superior a 95%, especialmente pelo grande volume de aço presente nos equipamentos retirados do fundo do mar. O reaproveitamento dessa sucata contribui não apenas para a economia circular, mas para a redução das emissões do setor siderúrgico, responsável por uma parcela significativa dos gases de efeito estufa globais.

Entretanto, nem todos os resíduos podem ser facilmente reaproveitados. Um dos desafios mais complexos é o NORM – material radioativo de ocorrência natural, que pode se acumular dentro dos dutos durante a produção de petróleo. Mesmo em baixas concentrações, o NORM exige cuidados específicos de descontaminação e destinação, conforme as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Esses rejeitos precisam ser removidos ainda a bordo das embarcações, acondicionados de forma segura e encaminhados para locais de armazenamento licenciados. Outro obstáculo é a bioincrustação, o acúmulo de organismos marinhos nas superfícies metálicas, que muitas vezes inviabiliza a reciclagem direta e demanda novas alternativas de tratamento.

A ACV também revela o potencial de inovação tecnológica e econômica do descomissionamento.

O aço e os polímeros reciclados a partir desses equipamentos podem ser reintroduzidos em diversas cadeias produtivas, como a indústria automobilística, a construção civil e até mesmo a fabricação de novos dutos. Esse reaproveitamento transforma o resíduo em recurso, conceito central da economia circular. Cada tonelada de material reciclado significa menos emissões, menos resíduos e mais eficiência no uso dos recursos naturais.

Em um dos estudos de caso analisados, a alternativa de Permanência in situ apresentou pior desempenho em 11 das 18 categorias de impacto avaliadas. Isso evidencia que recuperar e reaproveitar materiais é ambientalmente mais vantajoso do que deixá-los no fundo do mar.

Ao final, a mensagem é clara: o descomissionamento *offshore* não termina no mar. Ele se prolonga em terra, onde resíduos e emissões exigem planejamento, tecnologia e responsabilidade. Avaliar e gerenciar esses impactos é mais do que uma exigência ambiental, é um passo essencial para transformar o fim da vida útil de um campo de petróleo numa oportunidade de sustentabilidade industrial. O que antes era visto apenas como resíduo, hoje pode ser o início de um novo ciclo produtivo.