



CADERNOS

 **FGV ENERGIA**

JANEIRO 2022 | ANO 9 | Nº 14 | ISSN 2358-5277

ASPECTOS TÉCNICOS POR
TRÁS DAS ATIVIDADES DE
DESCOMISSIONAMENTO:
LIÇÕES APRENDIDAS DO OUTRO LADO
DO ATLÂNTICO

**DIRETOR**

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

COORDENAÇÃO

Fernanda Delgado

EQUIPE TÉCNICA*Autores*

Bruna Parizotto,
Graduanda de Eng. de Petróleo na UDESC

Catarina Kreitlon,
*Graduanda em Ciências Econômicas
na FGV/EPGE*

Eduardo Pereira,
Professor Siberian Federal University

Fernanda Delgado,
Professora e Pesquisadora FGV Energia

Gabriela Roman Michalowski,
*Graduanda em Engenharia de Petróleo
na UDESC*

Kelly Angelim,
Analista na ABPIP

Marlon Barrêto,
*Graduando de Engenharia Naval e
Oceânica na UFRJ*

Natalia Assad,
*Graduada em Engenharia de Petróleo
pela UDESC*

Paula Andrade,
Doutoranda em Geofísica no IAG- USP.

Raphael Moura,
*Superintendente de Segurança Operacional e
Meio Ambiente da ANP*

Marcus Vinícius de Lima Gomes,
*Petrobras**

Mariana Silva Lobato,
*Petrobras**

Fábio Oliveira de Lima,
*Petrobras**

EQUIPE DE PRODUÇÃO*Coordenação Operacional*

Simone Corrêa Lecques de Magalhães

Diagramação

Bruno Masello e Carlos Quintanilha

* Os textos dos autores não têm qualquer relação com projetos e dados da Petrobras

**ESCRITÓRIO**

Rua Barão de Itambi, 60 – 5º andar - Rio de Janeiro I RJ, CEP: 22231-000
Tel: (21) 3799-6100 | www.fgv.br/energia | fgvenergia@fgv.br

PRIMEIRO PRESIDENTE FUNDADOR

Luiz Simões Lopes

PRESIDENTE

Carlos Ivan Simonsen Leal

VICE-PRESIDENTES

Sergio Franklin Quintella, Francisco Oswaldo Neves Dornelles
e Marcos Cintra Cavalcanti de Albuquerque



Instituição de caráter técnico-científico, educativo e filantrópico, criada em 20 de dezembro de 1944 como pessoa jurídica de direito privado, tem por finalidade atuar, de forma ampla, em todas as matérias de caráter científico, com ênfase no campo das ciências sociais: administração, direito e economia, contribuindo para o desenvolvimento econômico-social do país.

DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

ASSESSORIA ESTRATÉGICA

Marcio Lago Couto

SUPERINTENDÊNCIA COMERCIAL

Simone C. Lecques de Magalhães

SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Felipe Gonçalves

EQUIPE DE PESQUISA**Coordenação Geral**

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

Coordenação de Pesquisa do Setor Elétrico

Luiz Roberto Bezerra

Coordenação de Pesquisa de O&G

Magda Chambriard

Pesquisadores

Acacio Barreto Neto

Adriana Ribeiro Gouvêa

Ana Beatriz Soares Aguiar

Gláucia Fernandes

João Teles

João Victor Marques Cardoso

Paulo César Fernandes da Cunha

Assistente Administrativa

Cristiane Parreira de Castro

Estagiários

Ester Nascimento

Victor de Lemos Souza Fernandes

Sumário

1	
INTRODUÇÃO	6
<hr/>	
2	
A ATIVIDADE DE DESCOMISSIONAMENTO	9
2.1. O que é isso?	10
2.2. Quais as principais opções disponíveis?	12
2.3. Quanta energia é necessária para completar o processo de descomissionamento?	17
2.4. Desmantelamento e Destinação de Resíduos	22
2.5. Recuperação Ambiental	26
<hr/>	
3	
SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS	29
3.1. O que é um desenvolvimento sustentável e os objetivos dos ODS da ONU	30
3.2. Opções sustentáveis e eficientes	33
<hr/>	
4	
LIÇÕES APRENDIDAS	68
<hr/>	
5	
CONCLUSÃO	71
<hr/>	
6	
REFERÊNCIAS	74

Apresentação

A FGV Energia, no âmbito das suas atividades de pesquisa, tem os Cadernos FGV Energia como uma de suas principais ferramentas de investigação dos entraves e oportunidades para segmentos específicos do setor energético. Este caderno apresenta um aprofundado diagnóstico sobre os aspectos técnicos do descomissionamento no Brasil, por meio do levantamento das perspectivas de diferentes aspectos e tem por finalidade desmitificar e esclarecer a sociedade sobre essa atividade.

Desse modo, o caderno ASPECTOS TÉCNICOS POR TRÁS DAS ATIVIDADES DE DESCOMISSIIONAMENTO: LIÇÕES APRENDIDAS DO OUTRO LADO DO ATLÂNTICO apresenta o resultado de pesquisas realizadas pela FGV Energia, em conjunto com a Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, ANP, com a Siberian Federal University, a UDESC, a ABPIP, a USP e a UFRJ; nas pessoas dos seus pesquisadores.

De uma forma geral, este trabalho busca:

- i. Criar um arcabouço estruturado sobre os aspectos técnicos do descomissionamento de instalações de petróleo,
- ii. Levantar e investigar estudos de caso que possam embasar decisões de negócios de descomissionamento no Brasil;
- iii. Sensibilizar os tomadores de decisão sobre a importância da transparência e da disseminação das informações.

Todos os partícipes deste Caderno entendem que a disseminação do conhecimento e o planejamento de longo prazo são imperativos para o progresso Técnico-Científico, para os ganhos de competitividade e, por conseguinte, o desenvolvimento econômico e o bem-estar social. Nesse sentido, espera-se que esse estudo seja uma relevante contribuição não só para o desenvolvimento do setor petrolífero, principalmente dos segmentos voltados as atividades finais de produção de óleo e gás, que tendem a receber menos atenção quando comparadas com a pujante indústria produtiva brasileira, mas também para o aprimoramento da Administração Pública e de suas ferramentas de estímulo à economia.

Esse é o nosso ofício e essa é a nossa missão acadêmica.

Boa leitura.

Fernanda Delgado

Professora e Pesquisadora, FGV Energia



1

CAPÍTULO

Introdução

Define-se descomissionamento de instalações da indústria de óleo e gás como o conjunto de atividades associadas à interrupção definitiva da operação das instalações, ao abandono permanente e arrasamento de poços, à remoção de instalações, à destinação adequada de materiais, resíduos e rejeitos e à recuperação ambiental da área (ANP, 2020).

Existem diferentes tipos de descomissionamento para as estruturas *offshore*, tais como: remoção completa, remoção parcial, tombamento no local e utilização alternativa (RUIVO, 2001). Atualmente existem mais de 122 plataformas *offshore* em produção no Brasil (FGV ENERGIA, 2021) e, segundo o Painel Dinâmico da Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis (ANP, 2021), esse mercado promissor deve movimentar cerca de R\$ 28,8 bilhões até 2025.

Sendo o descomissionamento um processo bastante complexo, considerando aspectos técnicos e econômicos, a decisão por sua efetividade levanta muitas questões e definir o processo demanda certa energia, sendo necessária uma análise multicritério para estabelecer os critérios e avaliar as melhores opções de descomissionamento, a fim de definir a forma como o processo será realizado (MOURA, 2020). Uma das atividades referentes ao descomissionamento é o desmantelamento, tal atividade vem crescendo devido ao número de platafor-

mas a serem desativadas e, medidas devem ser tomadas a fim de evitar que métodos prejudiciais à vida humana e ao meio ambiente sejam realizados nesse processo (TERPINS, 2020). Por conta disso, diversas convenções estabelecem diretrizes para realização do processo de desmantelamento de maneira segura, que englobe uma adequada gestão de resíduos (RODRIGUES, 2008). No Brasil, nota-se um vácuo por parte dos estaleiros nessa atividade, sendo assim necessita-se suprir essa carência por meio de regulações referentes ao desmantelamento e à gestão de resíduos, para que possa ser gerado um novo mercado nacional (CARRETEIRO, 2020).

Outra atividade muito discutida dentro do descomissionamento é a recuperação ambiental, que consiste em intervenções que visam devolver ao ambiente suas características naturais, tais como a estabilidade e o equilíbrio dos processos originalmente neles atuantes ou sua adequação ao uso planejado para a área degradada (ANP, 2020). Constitui-se um a importante tarefa em

prol de mitigar os danos ambientais decorrentes das atividades de Exploração e Produção (E&P) de petróleo, sendo necessária a realização de um plano adequado para a recuperação de área, capaz de envolver diferentes setores dessa cadeia (operadora, órgão regulador e órgão ambiental) (TEXEIRA; MACHADO, 2012).

Além disso, a busca por um desenvolvimento sustentável já se faz presente na indústria de óleo e gás. Este é vinculado pela procura de um equilíbrio entre o crescimento econômico e os recursos naturais com auxílio de tecnologias mais eficientes e menos poluentes. Neste sentido, a Resolução nº 817 da ANP já estabelece como obrigatório o desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão de responsabilidade social e sustentabilidade aderente aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU), a fim de nortear ações ambientais e energéticas com responsabilidade, assumindo um compromisso de construção de um país melhor (ANP, 2020).

Ainda na esfera ambiental, uma discussão muito relevante e cada vez mais presente no setor de óleo e gás é a responsabilidade ambiental e a adoção de medidas sustentáveis na indústria. No mercado de descomissionamento, essa preocupação tem provocado o desenvolvimento de alternativas muito interessantes para uma destinação sustentável e benéfica ao meio ambiente. Por exemplo, a reutilização de estruturas *offshore* como subestruturas de torres eólicas (BARROS *et al.*, 2017; SHELL, 2008), ou ainda, a reciclagem das estruturas descomissio-

nadas após o desmantelamento, dando assim um destino melhor do que o descarte comum (DECOM NORTH SEA, 2014). Uma alternativa que também vem sendo utilizada é a ressignificação destas estruturas, e, como principal exemplo, pode-se citar a reutilização de plataformas fixas como estruturas para formação de recifes artificiais, conhecido como programa *Rigs-to-reef* (BULL; LOVE, 2019).

Por fim, as responsabilidades e garantias para fins de descomissionamento é outro tópico que merece atenção nesta temática. A ANP apresenta uma Minuta de Resolução que estabelece os procedimentos para apresentação de garantias financeiras referentes ao descomissionamento, certificando-se de que as empresas tenham recursos suficientes para arcar com tais gastos dentro do momento em que o campo atinge o seu limite econômico (ANP, 2019b). Sendo assim, são necessárias regulamentações que garantam que a empresa operadora realize o descomissionamento de forma segura (IBP, 2017).

Nesse contexto, este trabalho apresenta os principais aspectos técnicos da atividade de descomissionamento, destacando a definição do processo, as opções para sua realização, questões de desenvolvimento sustentável e atividades de desmantelamento, bem como as principais lições aprendidas. Tal publicação surge com o intuito de contribuir para a discussão sobre o descomissionamento no Brasil, já que se estima que a desativação de plataformas se fará presente nos próximos anos em nosso país (ANP, 2019a).



2

CAPÍTULO

A Atividade de Descomissionamento

2.1. O QUE É ISSO?

Nas décadas de 70 e 80 ocorreu o *boom* da indústria de E&P de petróleo *offshore* (AMORIM, 2010). Inicialmente, esta indústria desenvolveu-se em águas rasas, principalmente no Golfo do México, e com o avanço da tecnologia e de novas e maiores necessidades energéticas, a indústria de E&P avançou para águas profundas e ultra profundas (IBP, 2017). Estima-se que a vida útil de um campo de petróleo varie entre 10 e 25 anos após o início de produção (ALBUQUERQUE, 2019). Após esse tempo, as atividades *offshore* de óleo e gás do campo chegam à fase de abandono, pois as instalações de produção e de transporte perdem sua integridade estrutural e, então, são descomissionadas e os poços abandonados (MARIANO, 2007; MARTINS, 2015).

O abandono é a última etapa da vida útil das instalações de produção de petróleo e gás. Nesta etapa ocorre a desativação das instalações, tamponamento dos poços produtores, desmantelamento e a remoção dos equipamentos; sendo também denominada de descomis-

sionamento (MARTINS, 2015; LIMA; SANTOS, 2018). O processo de descomissionamento requer um método detalhado e ponderado com diversas áreas da engenharia (ambiental, financeira e segurança do trabalho), política e bem-estar social.

O descomissionamento onshore está relacionado com a desativação das estruturas e equipamentos localizados no ambiente terrestre de E&P. Já o descomissionamento de instalações *offshore* de óleo e gás é o processo de remoção da infraestrutura e dos equipamentos usados na exploração e produção de óleo e gás no ambiente marinho, que inclui oleodutos, cabeças de poço, plataformas, ilhas artificiais e cabos de energia (IDWG, 2019). Independentemente de o poço ser *offshore* ou *onshore*, os procedimentos de abandono utilizados são muito similares e podem variar apenas de acordo com o que é exigido na regulamentação (BARCLAY *et al.*, 2001).

O processo de descomissionamento de sistemas de produção *offshore* ocorre em cinco etapas (RUIVO, 2001; CRUZ; SANTOS, 2019):

- 1ª. Desenvolvimento, avaliação e seleção de opções e planejamento e gerenciamento do projeto;
- 2ª. Encerramento da produção de óleo e gás, e abandono de poços;
- 3ª. Remoção da estrutura offshore;
- 4ª. Disposição final ou reciclagem dos equipamentos removidos e
- 5ª. Limpeza e monitoramento submarino do ambiente.

O momento exato em que o descomissionamento de uma estrutura *offshore* ocorre depende de uma série de fatores: idade da instalação e infraestrutura associada; regulamentos atuais sobre exploração e produção; o preço do petróleo e volatilidade do mercado; viabilidade econômica de continuar operando o ativo; avaliação de técnicas para estender a vida útil do ativo por meio de uma recuperação mais eficiente de óleo e gás; e, a existência de alguma reserva de petróleo e gás para explorar (AHIAGA-DAGBUI *et al.*, 2017).

O descomissionamento é uma realidade iminente na indústria do petróleo brasileira. A redução nos preços do petróleo, desde a crise de 2014, e

o amadurecimento da indústria do petróleo no Brasil contribuirão para acelerar esse processo de descomissionamento de campos petrolíferos, uma vez que vários projetos deixaram de ser rentáveis economicamente (IBP, 2017). Um dos fatores que levam ao descomissionamento é a falta de economicidade do campo e, portanto, o preço do petróleo é uma variável a ser considerada.

Conforme as atividades de E&P mudaram para águas mais profundas, ambientes mais hostis e projetos cada vez mais complexos, alguns dos quais compreendem centenas de poços e quilômetros de *risers* ligados a grandes plataformas, os operadores agora enfrentam enormes desafios quando planejam a remoção desses ativos (IHS Markit, 2016). Neste caso, o custo dos projetos de desativação pode facilmente chegar a centenas de milhões de dólares. O descomissionamento, então, representa uma mudança considerável em termos de planejamento de negócios sustentável para a maioria das operadoras (IHS Markit, 2016).

Diante deste cenário, e tendo em vista a necessidade de remoção de todas as estruturas submarinas e plataformas, constroem-se oportunidades para empresas prestadoras de serviço que executem serviços tais como corte, remoção, transporte e destinação final de resíduos (FURTADO *et al.*, 2018).

2.2 QUAIS AS PRINCIPAIS OPÇÕES DISPONÍVEIS?

Historicamente, a regulação da atividade de descomissionamento exigia a remoção completa das instalações de produção de petróleo e gás natural (IBP, 2017). No entanto, o desenvolvimento tecnológico permitiu a adoção de alternativas à remoção completa dessas estruturas. Conforme mencionado, atualmente as principais opções de descomissionamento para as estruturas *offshore*, de acordo com Ruivo (2001), são:

- **Remoção completa:** consiste na retirada de toda a instalação e de todos os equipamentos utilizados na operação do campo. Esse processo inicia com o corte da estrutura, seguido das etapas de içamento, carregamento e disposição da seção. A remoção completa permite recuperar as condições ambientais, deixando-as próximas daquelas anteriores à instalação da plataforma. No entanto, essa atividade está associada a altos custos, possíveis danos ao meio ambiente e eliminação do habitat artificial criado em torno da plataforma durante o seu período de operação.
- **Remoção parcial:** trata da retirada parcial da estrutura e equipamentos da instalação. Esta opção é aplicável desde que não haja obstrução para navegação ou interferência negativa na atividade de pesca da região. Para as empresas operadoras, a remoção parcial pode trazer benefícios econômicos e de segurança, principalmente em locais afastados da costa.
- **Tombamento no local:** similarmente ao processo de remoção completa, esta opção realiza a remoção do *topside* e o tombamento total da subestrutura. Essa opção pode ser aplicada desde que haja uma coluna de água livre para evitar interferências negativas nas atividades de navegação e pesca. O tombamento no local é uma opção mais barata se comparada com o processo de remoção completa porque não há o custo com transporte. Por outro lado, a utilização de cargas explosivas eleva o nível de complexidade das operações e do processo de licenciamento ambiental.
- **Utilização alternativa:** refere-se à possibilidade de deixar a estrutura no local para que esta seja utilizada para outros fins como cultivo marinho, local de pesca esportiva, centros de pesquisa, turismo etc. Uma vez escolhida esta opção, é necessário definir as responsabilidades quanto à manutenção da estrutura (sinalização adequada, controle de corrosão, entre outros).

No ambiente *offshore*, o processo de descomissionamento pode ser aplicado a três classes de instalações: (1) *Floating production, storage & offloading* (FPSO) e Plataformas semissubmersíveis (SS); (2) Torres complacentes, *Tension leg plataformas* (TLP) e Spars; e, (3) Subestruturas de concreto e aço (Jaquetas). As figuras de 1 a 6 mostram exemplos de cada uma dessas instalações.

FIGURA 1: FPSO CIDADE DE PARATY OPERANDO NO CAMPO TUPI, NA BACIA DE CAMPOS.



Fonte: P&Q Engenharia Jr. (2021)

FIGURA 2: PLATAFORMA SEMISSUBMERSÍVEL P - 55 OPERANDO NO CAMPO DO RONCADOR, BACIA DE CAMPOS.



Fonte: P&Q Engenharia Jr. (2021)

FIGURA 3: PLATAFORMAS DO TIPO DE TORRE COMPLACENTE.



Fonte: Silva e Mainier (2008)

FIGURA 4: PLATAFORMA TLP OKUME DA MODEC, OPERANDO NA COSTA DA GUINÉ, ÁFRICA.



Fonte: <https://www.modec.com/project/detail/ebano.html>

FIGURA 5: PLATAFORMA DO TIPO SPAR.



Fonte: Shell (2008)

FIGURA 6: PLATAFORMA TIPO JAQUETA OKUME DA MODEC, OPERANDO NA COSTA DA GUINÉ, ÁFRICA.



Fonte: Silva (2014)

A escolha da alternativa mais adequada para cada projeto de instalação é de responsabilidade da empresa operadora e deve ser feita baseada em uma análise multicritério que seja capaz de reduzir a subjetividade do processo decisório. Os principais critérios avaliados são relacionados à segurança, meio ambiente, aspectos técnicos, sociais e econômicos (IBP, 2017).

Segundo Ruivo (2001), o descomissionamento das plataformas flutuantes (FPSO e SS) é mais fácil e de menor custo, devido à mobilidade. As principais dificuldades encontradas referem-se ao sistema submarino, como as desconexões de amarrações e das linhas de fluxo. A remoção completa dessas plataformas é mais praticável em águas superficiais, onde o processo exige tecnologias de corte menos complexas. Em águas profundas, é necessário utilizar ROVs (*Remotely Operated Vehicle*) – isto é, veículos operados remotamente em atividades submarinas – e outras tecnologias de cortes mais elaboradas. Portanto, nestes casos é necessário analisar a viabilidade de realizar a remoção parcial das instalações. As plataformas fixas, por sua vez, representam um desafio devido ao seu tamanho e peso. Em geral, a remoção total é aplicada nestes casos visto que outras opções de descomissionamento como tombamento no local e remoção parcial podem gerar maiores impactos ambientais (RUIVO, 2001).

Os projetos de descomissionamento podem ser segmentados, de forma simplificada, nas seguintes categorias/etapas:

- I. Gerenciamento do projeto, com a elaboração do programa de descomissionamento, obtenção de licenças e engajamento de partes interessadas;
- II. Abandono e arrasamento dos poços;
- III. Remoção de hidrocarbonetos e materiais perigosos (despressurização, drenagem, limpeza e inertização);
- IV. Etapa de preparação, que envolve, por exemplo, a instalação de reforços estruturais, remoção de equipamentos e a divisão de módulos;
- V. Remoção do *topside* e subestrutura, que pode demandar o emprego de embarcações especiais (*heavy lift*);
- VI. Disposição final do *topside* e subestrutura; e por fim,
- VII. Monitoramento ambiental da área.

Destaca-se que há múltiplas opções para a consecução das etapas acima, para as quais metodologias multicritérios de avaliação comparativa têm sido empregadas mundialmente para auxiliar na tomada de decisão quanto às melhores alternativas a serem adotadas, as quais irão variar para cada projeto (FGV ENERGIA, 2021).

2.3 QUANTA ENERGIA É NECESSÁRIA PARA COMPLETAR O PROCESSO DE DESCOMISSIONAMENTO?

Como já foi abordado anteriormente, o descomissionamento é uma realidade iminente na indústria de petróleo brasileira. Tal processo envolve uma diversidade de etapas, no qual a definição para o momento exato do descomissionamento, assim como a decisão por qual opção de descomissionamento seguir, envolve diferentes questões, sendo necessária uma análise profunda das opções, levando em conta os diferentes agentes da indústria. (RUIVO, 2001; AHIAGA-DAGBUI *et al.*, 2017; IBP, 2017).

Assim, vê-se uma indústria de descomissionamento emergente, onde há uma diversidade de empresas envolvidas nesta atividade. No entanto, muitas vezes tais empresas possuem interesses contraditórios, o que torna o descomissionamento um processo complexo. Por isso, ao se tratar de descomissionamento é sempre interessante observar quem está abordando o tema, pois o que é lucro para as prestadoras de serviço, constitui em despesa para a petroleira (MOURA, 2020).

Tal divergência já é notada na definição do momento certo para realizar o descomissiona-

mento. Do ponto de vista da União, é melhor que o ativo produza o máximo possível, buscando assim, o aumento do fator de recuperação e a continuidade do pagamento de *royalties* e participações governamentais. No entanto, empresas de grande porte, com alto custo operacional, não têm interesse em produzir em campos maduros, priorizando investimentos em novos ativos. Neste ponto, operadores independentes voltam os seus interesses para assumir os campos maduros, visto que estas não teriam apetite de risco para investir em projetos exploratórios, intensivos em capital, e que os ativos de magnitude de campos marginais possuem menor tempo de retorno do investimento e riscos reduzidos, além de anteciparem a geração de fluxo de caixa (FURTADO *et al.* 2018).

Como forma de buscar o máximo aproveitamento dos campos, a Resolução da ANP nº 817/2020 reafirma a obrigação da maximização da recuperação. Portanto, antes do descomissionamento, o contratado deve apresentar o Estudo de Justificativas para o Descomissionamento (EJD), demonstrando ter analisado a possibilidade de aumento do fator de recuperação do campo antes de ter optado pelo descomissionamento (ANP, 2020).

BOX

Campos Maduros

Campos maduros podem ser entendidos como aqueles que estão em declínio de produção e já produziram mais do que se esperava produzir. São campos pouco rentáveis economicamente na forma em que se encontram, necessitando o uso de tecnologias para o alcance de rentabilidade (ANP, 2018).

Para aumentar o fator de recuperação (FR) em campos maduros são utilizadas técnicas de recuperação secundária ou terciária. Estas técnicas consistem em injetar artificialmente energia no reservatório, o que suplementa a energia perdida e melhora a eficiência do deslocamento do petróleo (MENDES, 2019).

Através da recuperação primária, recupera-se em média 20% do volume de óleo. Na recuperação secundária, da qual fazem parte o método de injeção de água e gás, métodos majoritariamente utilizados no *offshore* brasileiro, soma-se à recuperação mais 15 a 25% do volume de óleo. Por fim, a terciária contribui com mais 5 a 15% de recuperação. Permitindo, assim, que se alcance uma recuperação por volta de 70% do volume de óleo do reservatório (AHMED, 2010).

No Brasil, o fator de recuperação é de cerca de 21%, enquanto mundialmente seu valor médio é de 35% (ANP). Portanto, há muito para melhorar em termos de recuperação dos campos brasileiros em operação.

De acordo com a ANP, tomando a Bacia de Campos como exemplo, 1% de aumento no FR significa US\$ 8 bilhões em investimentos e US\$ 5 bilhões em *royalties*. Ou seja, aumentar a produção dos campos maduros é atraente para o governo, que tem investido em políticas para que essas áreas sejam operadas por empresas focadas no aumento do FR, na extensão da vida útil dos ativos e nos custos menores de produção, fomentando, com isso, a participação de operadores que estejam dispostos a aplicar os recursos necessários para maximizar a recuperação dos volumes existentes (MENDES, 2019).

Visando incentivar a produção em campos maduros, a ANP já definiu em sua Resolução nº 817/2020 aspectos que tratam a cessão de direitos e a oferta permanente, onde as operadoras que não estão investindo no aproveitamento pleno dos recursos descobertos podem ceder seu direito de exploração para outro operador.

Os programas para extensão de vida útil de campos maduros, não se restringem somente às áreas terrestres. Após anos de exploração de petróleo e gás em campos *offshore*, estes passaram a produzir cada vez menos, para reverter tal quadro o Ministério de Minas e Energia (MME) lançou o Programa de Revitalização e Incentivo à Produção de Campos Marítimos (PROMAR), com o objetivo de aumentar a vida útil de campos do pós-sal e estimular a retomada econômica na indústria de petróleo e gás.

A partir da extensão da vida útil desses campos, o Promar busca aumentar o fator de recuperação, gerar empregos, e realizar a manutenção da indústria de bens e serviços locais e a criação de melhores condições de aproveitamento econômico de petróleo e gás natural.

Em relação à retirada ou não de equipamentos submarinos, novamente veem-se interesses contraditórios entre as empresas e as organizações. Para a petroleira, o abandono dos equipamentos submarinos em leitos marinhos é a melhor opção, visto que a retirada de tais equipamentos não gera lucro para a empresa, pelo contrário, apenas mais gastos. Já para uma prestadora de serviços, a retirada de equipamentos se torna uma boa opção, pois tal empresa possui equipamentos, navios e tecnologias especializadas para tal atividade, o que resultará em serviços a serem prestados e, conseqüentemente, em receita para a empresa. Para o órgão ambiental e segundo a resolução da ANP, busca-se a remoção das instalações, sendo admitida a permanência definitiva *in situ* mediante justificativa.

Para os concessionários no cenário brasileiro, a decisão por não retirar os equipamentos submarinos é recorrente, pois a exploração *offshore* no Brasil, se comparada com outras áreas do mundo, utiliza sistemas submarinos maiores, mais complexos e em águas profundas, além de possuir diversos campos com completação molhada, isto é, o sistema de válvulas conhecido como “árvore de natal” é instalado na cabeça do poço, e enorme quantidade de dutos (devido à exploração em águas profundas e ultra profundas) (IBP, 2017).

O mesmo ocorre quanto à remoção da plataforma flutuante. Entre as opções, a plataforma pode ser conduzida aos estaleiros para realizar o desmantelamento; ou pode ser vendida para ser reaproveitada em outro campo. Ao mesmo

tempo, levar ao estaleiro causa riscos por envolver águas rasas, incrustação de espécies exóticas e disseminação de espécies não nativas àquele território. Em contrapartida, tal opção gera oportunidades, contribui com a economia local e o desenvolvimento tecnológico, fomentando até mesmo o mercado imobiliário da região. Apesar dos riscos, os benefícios também são consideráveis.

Para Antônio Guimarães, secretário-executivo do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), antes de se pensar no desmantelamento das unidades, deve-se levar em consideração o reaproveitamento das plataformas (SINAVAL, 2020a). Ele explica que existem inúmeras oportunidades de campos que, se dependesse de um FPSO novo, por exemplo, poderiam não ser viáveis economicamente. Com o reaproveitamento deste tipo de plataforma, porém, é possível viabilizar uma série de campos marginais e fazer a reabilitação de campos maduros.

Já o Secretário de Desenvolvimento Econômico do Rio de Janeiro, Marcelo Lopes, verifica no desmantelamento dos navios uma excelente oportunidade para que os estaleiros diversifiquem seu portfólio, atuando no desmonte destes navios, e o Rio de Janeiro se torne um *hub* para o descomissionamento de embarcações (SINAVAL, 2020b). Ele afirmou que o governo do estado trabalha para garantir segurança jurídica dessas atividades e para que as questões ambientais estejam bem ajustadas para atrair esses investimentos.

Outra destinação para as plataformas é o processo de alienação das unidades, que tem sido recorrente no Brasil. Em 2017, a Petrobras levantou US\$ 83,5 milhões com o leilão das plataformas P-III, P-X, P-XVI, P-XVII, P-XXIII, P-59 e P-60. Já em 2020, as plataformas semissubmersíveis P-7, P-12 e P-15 também foram a leilão, gerando um considerável fluxo de caixa para a empresa (SINAVAL, 2020b).

Mediante as situações apresentadas, nota-se que a opção pelo descomissionamento levanta muitas questões e a escolha da forma como o descomissionamento será realizado deve ser estudado e analisado caso a caso. A opção que maximiza os benefícios é altamente dependente de um contexto específico. Por conta disso, a própria resolução formulada pela ANP pede para que as operadoras realizem uma análise multicritério para decidir qual a melhor opção para o campo em que se pretende adotar o processo.

A avaliação comparativa ajuda na tomada de decisão, pois restringe as diversas alternativas e opções para um determinado cenário, usando vários critérios e subcritérios nas quais as opções são avaliadas. Trata-se de uma importante ferramenta para o entendimento sobre as relações dos possíveis impactos ambientais e sociais do descomissionamento, considerando variáveis como segurança, meio ambiente, custos e habilidades técnicas. Assim, garante-se confiabilidade para a decisão, já que as diversas questões que envolvem o processo foram analisadas, sendo importante que especialistas de áreas específicas sejam contratados

para avaliar e confirmar os aspectos do projeto (BITTAR; MODESTO, 2019).

Uma vez que as atividades de desmobilização enfrentam desafios de diferentes naturezas e devem ser analisadas de forma multidisciplinar, Meenan (1998) sugere que as principais esferas de interesse a serem consideradas na análise de opções de desmobilização são: Ambiental, Saúde e Segurança, Financeira e Política. Assim, cada uma dessas esferas apresentará sua visão de “melhor opção” para as alternativas de desmobilização, podendo haver, ou não, acordo entre elas (PRADO, 2015). Assim, as opções seriam:

- **Best Practicable Environmental Option (BPEO):** considerada a melhor opção viável para a esfera ambiental, os aspectos mais importantes nesse projeto serão a busca pela preservação ambiental, a redução dos impactos ambientais e a correta recuperação das áreas atingidas;
- **Best Practicable Safety Option (BPSO):** considerada a melhor opção viável de segurança. Neste caso, preza-se pela segurança às vidas humanas e das operações, optando-se muitas vezes por projetos menos complexos e que envolvam um menor contingente de trabalhadores;
- **Best Practicable Financial Option (BPFO):** considerada a melhor opção viável financeiramente, busca defender principalmente os interesses das empresas operadoras, responsáveis por custear a atividade de descomissionamento;

- **Best Practicable Political Option (BPPO):** considerada a melhor opção viável politicamente, busca atender aos interesses políticos de um ou mais países envolvidos na atividade de descomissionamento;

Deve-se pontuar que encontrar uma solução que seja a melhor para as quatro esferas é muito difícil. Normalmente, um projeto de descomissionamento apresentará mais de uma estratégia para suas instalações, optando-se comumente por uma abordagem mista entre abandono e remoção das instalações (RAMOS, 2018).

Em relação ao tempo decorrido no processo de descomissionamento, um estudo realizado por Coutinho (2019) mostra que, até a chegada da FPSO ao estaleiro, a atividade que demanda mais tempo é a limpeza de tanques. Após a chegada da FPSO no estaleiro, tem início o desmonte e a reciclagem da Unidade, tal fase é avaliada como a mais longa do processo de descomissionamento, cuja duração estimada no estudo é de 14 a 15 meses. Segundo este

estudo, a estimativa de tempo do processo de descomissionamento é entre 21 e 22 meses. As etapas referentes à remoção de equipamentos e remoção de materiais tóxicos foram identificadas como as principais lacunas do mapeamento de tempo. Tal estudo faz referência a uma FPSO situada na Bacia de Campos a 100 km da costa do Rio de Janeiro, sendo desmontada em um estaleiro no nordeste brasileiro. É claro que esta estimativa de tempo pode variar por diversos fatores, como por exemplo, o tipo de remoção da plataforma, a distância entre a FPSO e o estaleiro, bem como os métodos empregados.

Por ser uma atividade pouco consolidada tanto no Brasil como mundialmente, estudar a execução destas etapas dentro do descomissionamento sustentável de FPSOs de forma mais detalhada é ainda um desafio. Mesmo assim, a partir de tal estudo é possível ter uma estimativa preliminar da duração de cada etapa, levantando um tempo médio de execução e identificando as etapas que mais contribuem para o tempo total do desmonte de um FPSO ao final de sua vida útil.

2.4 DESMANTELAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

O desmantelamento é uma etapa que deriva do processo de descomissionamento, sendo considerado a atividade de reciclagem do navio em área *onshore* (TERPINS, 2020). Os navios modernos têm uma vida útil de 25 a 30 anos antes de a corrosão, a fadiga do metal e a falta de peças façam com que a sua operação deixe de ser econômica. A desmontagem de navios permite que os materiais do navio, especialmente o aço, sejam reciclados e transformados em novos produtos.

As normativas internacionais a respeito do desmantelamento são contempladas na Convenção de Hong Kong¹ e na Convenção de Basiléia². A discussão de normativas referente ao desmantelamento ganhou espaço devido às más práticas encontradas neste processo. Os navios em fim de vida são compostos por uma variedade de materiais perigosos – como amianto, óleos usados, materiais radioativos – que podem ter sérias implicações para o meio ambiente e a saúde humana se não forem gerenciados adequadamente (BASEL CONVENTION, 2011).

A reciclagem de navios geralmente ocorre em países em desenvolvimento, que tendem a ter uma vantagem competitiva, pois fornecem um conjunto de mão de obra de baixo custo, não possuem órgãos de proteção ambiental rigo-

rosos, nem mesmo apresentam regulamentos que visam a saúde e segurança do trabalhador, além de possuírem alta demanda nacional para os produtos da atividade (predominantemente sucata de aço). O método utilizado por esses países é o chamado *Beach Method*, muito realizado na Ásia (Índia, Paquistão e Bangladesh), onde o desmantelamento é realizado nas praias sem nenhuma segurança, com condições humanas degradantes e prejudiciais ao meio ambiente (BASEL CONVENTION, 2011).

Em busca de uma solução viável para este método, normativas foram desenvolvidas com o intuito de definir o processo de desmantelamento de uma forma segura, onde as condições de segurança no trabalho e a proteção ao meio ambiente seriam levadas em conta. No Brasil, ainda não há uma regulamentação referente à atividade de desmantelamento e a falta desta regulamentação dificulta os processos de adesão a este mercado (CARRETEIRO, 2020). Tendo isto em vista e percebendo a ausência de regulamentação, a SOBENA (Sociedade Brasileira de Engenharia Naval), com base em normativas internacionais, preparou, junto com a Marinha e especialistas uma nota técnica para ser apresentada a autoridades federais e estaduais com o intuito de facilitar a Certificação e Autorização de Funcionamento de Estaleiros de Reciclagem de Navios no âmbito dos Estados (CARRETEIRO, 2020).

1. Mais informações em: https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_154921/lang--en/index.htm

2. Mais informações em: <http://www.basel.int/Implementation/ShipDismantling/TechnicalGuidelines/tabid/2767/Default.aspx>

Com tal certificação, o Brasil poderia atender as demandas provenientes de navios de bandeira europeia, que segundo regulamentos, só podem ser desmontados por estaleiros que cumpram rigorosamente as normas ambientais e estejam autorizados por certificadoras internacionais. Como na Europa, não há espaços para estaleiros de grande porte e esta atividade continua a crescer de maneira expressiva, o Brasil caso se adequasse às normas poderia atender a este mercado, gerando grandes oportunidades e novos negócios (CARRETEIRO, 2019).

É importante deixar claro que, apesar do Programa de Descomissionamento das Instalações (PDI) trazer uma prévia do que será removido e exigir a disposição de tais equipamentos, esta resolução trata apenas do descomissionamento. As atividades de desmontelamento não são reguladas pela ANP, ficando sob jurisdição local, cabendo ao órgão ambiental estadual e/ou municipal definir sua regulação (MOURA, 2020).

Outro ponto importante ao se tratar sobre o desmontelamento é a questão da gestão de resíduos. Um navio, como mencionado, carrega a bordo uma grande quantidade de resíduos (metais, água de lastro, esgoto, óleos usados, amianto-asbesto, entre outros), que no desmonte devem ser destinados de maneira ambientalmente responsável.

Para as sucatas ferrosas, a destinação é mais simples e lucrativa, pois a reciclagem destas sucatas resulta em metais que incrementam valor, há uma facilidade de reprocessamento da sucata naval em grandes chapas que posteriormente são vendidas. São diversos materiais que podem voltar ao mercado como material de segunda mão, formando assim um mercado expressivo com os resíduos da embarcação (PEREIRA, 2020).

O problema maior é lidar com resíduos que apresentam riscos à saúde dos trabalhadores e que podem causar diversos impactos ambientais, resultando em contaminação do solo e de praias. Para prevenir os riscos quanto ao manuseio destes materiais, há diversos instrumentos internacionais que preveem medidas a serem tomadas no gerenciamento destes resíduos. Neste caso, a Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação, de 22 de Março de 1989³, que define diversas obrigações para as Partes, para que cumpram uma gestão de resíduos ambientalmente segura e racional; e, a Convenção Internacional de Hong Kong para a Reciclagem Segura e Ambientalmente Adequada de Navios, de 11 de Maio de 2009, e as resoluções da Organização Marítima Internacional (IMO) para a implementação dos padrões técnicos estabelecidos pela Convenção de Hong Kong, a exemplo da Resolução MEPC.210(63)⁴, de março

3. Mais informações em: <http://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx>

4. Mais informações em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>

de 2012, para o gerenciamento de resíduos de materiais perigosos.

O estabelecimento da Convenção de Basileia surgiu por parte da comunidade internacional ao evidenciar o tráfego de resíduos perigosos com destinação a países em desenvolvimento para, simplesmente, se livrarem desses resíduos a fim de evitar custos referentes a uma destinação adequada de tais recursos. A adesão a tal instrumento procura coibir o tráfico ilegal e prevê a intensificação da cooperação internacional para a gestão ambientalmente adequada desses resíduos (RODRIGUES, 2008).

A resolução da IMO MEPC.2010(63) aborda diretrizes para a reciclagem de navio de forma segura. No item 3.4.2, que aborda o gerenciamento de resíduos perigosos, é solicitado que o plano de reciclagem da embarcação deve conter de forma detalhada os procedimentos relativos à gestão de resíduos de materiais perigosos, incluindo a identificação, marcação e etiquetagem de locais on-board com potencial presença de materiais perigosos; assim como a definição do processo de reciclagem; a descrição do procedimento de remoção, manuseio e remediação; e, por fim, o tratamento, transporte e disposição dos materiais. Ao lado deste documento, o IHM (Inventário de Materiais Perigosos), o plano de reciclagem do estaleiro, o documento de autorização de reciclagem de navios e o certificado internacional de navio pronto para reciclagem consistem nos documentos bases para uma gestão de resíduos segura e eficiente (TERPINS, 2020).

A gestão e tratamento do material NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*) é outro ponto importante a ser discutido devido a suas implicações ambientais. O NORM é ocasionado naturalmente, e durante a produção do óleo e gás, todo NORM presente é carregado para os sistemas da unidade de produção, onde se acumulam na forma de borras e incrustações. O acúmulo desses materiais pode ultrapassar os limites estabelecidos de segurança, obrigando à tomada de ações para a manutenção da saúde e segurança dos trabalhadores e a preservação do meio ambiente. Quando a unidade marítima chega ao estaleiro para desmantelamento, leva consigo toda a contaminação radioativa, que passa a ser um risco para os trabalhadores e o meio ambiente local, caso as atividades não sejam feitas de forma adequada (SANTIAGO, 2020).

Assim, é necessário que os itens contaminados com NORM sejam identificados e avaliados quanto ao nível de radiação e contaminação, para posteriormente passarem pelo processo de limpeza desse material. As empresas que realizam a limpeza e descontaminação dos materiais NORM devem ser licenciadas pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), e devem conter um plano de gerência de rejeitos radioativos, de tratamento de efluentes, de proteção física de trabalhadores e um processo de verificação da descontaminação (COUTINHO, 2019).

Como solução para o passivo NORM, os procedimentos se referem ao tratamento químico deste material, como a descontaminação NORM, a

desincrustação NORM em partes e peças, a descontaminação de *risers* e o processo de tratamento, recuperação e beneficiamento de borras oleosas, realizando a recuperação de cerca de 30% do óleo. Vale lembrar que no Brasil ainda não existe nenhum depósito final para o material NORM. No entanto, o processo de descontaminação já é aqui realizado. Um exemplo disso é a empresa prestadora de serviços em radioproteção LINCE que, em 2019, foi licenciada para tratar o material NORM como alternativa de depósito final de rejeitos (SANTIAGO, 2020).

O material NORM no segmento *offshore* é regulado pela NR-37, que assegura o atendimento por serviço de radioproteção especializada em NORM, e pela Lei Federal N° 10.308(2001)⁵, suportada pela Norma CNEN 8.02, que estabelece as normas para o destino do rejeito NORM. Atualmente, o fluxo de gerenciamento desse resíduo contendo NORM ainda não está completamente normatizado pela CNEN, o que representa um desafio para o descomissionamento (COUTINHO, 2019).

5. Mais informações em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10308.htm

2.5 RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

O descomissionamento é uma atividade que apresenta risco ao meio ambiente e, por conta disso, todas as etapas de um processo de descomissionamento devem ser monitoradas para que os efeitos ao meio ambiente sejam os menores possíveis (RUIVO, 2001). Um dos desafios ambientais do processo de descomissionamento é a recuperação da área explorada, de forma que esta seja devolvida nas condições mais próximas àquelas antes da operação petrolífera.

O plano de recuperação ambiental, previsto na Resolução nº 817/2020 da ANP, solicita que as áreas associadas às atividades de descomissionamento de instalações devem ser objeto de plano de recuperação ambiental aprovado pelo órgão ambiental competente, tendo em vista a sua adequação ao provável uso futuro do solo. As ações de recuperação ambiental devem observar a remoção de todos os resíduos e rejeitos gerados durante as atividades de descomissionamento e atender as demais especificações estabelecidas na legislação ambiental vigente ou expedidas pelo órgão ambiental competente.

Apesar da ANP prever a recuperação ambiental em sua resolução, cabe ao órgão ambiental estadual e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), como órgão licenciador da atividade, aprovar a atividade, cuidar dos requisitos técni-

cos e fiscalizar o efetivo cumprimento do plano de recuperação.

As atividades de descomissionamento encontram-se sujeitas, segundo a regulação ambiental, às exigências estabelecidas pela Resolução nº 001/86 do IBAMA-CONAMA, que disciplinam a análise de impacto ambiental e o processo de licenciamento por parte do órgão. O licenciamento do descomissionamento pelo IBAMA contempla a Análise de Alternativas e Avaliação Comparativa, onde todas as alternativas de descomissionamento devem ser analisadas e comparadas. Também é vedado pelo IBAMA o abandono no local de plataformas e estruturas submarinas, além do lançamento em águas mais profundas e a remoção e descarte em terra, sem destinação final ambientalmente adequada⁶. Sendo assim, a opção de remoção é considerada o ponto de partida, e as empresas devem necessariamente contemplar a análise e avaliação desta opção. No entanto, casos alternativos são aceitos desde que se demonstre e justifique que são soluções superiores considerando critérios ambientais, sociais e econômicos (OLIVEIRA, 2000).

Uma das alternativas que ganham espaço neste cenário é a criação de recifes artificiais como alternativa à retirada total das estruturas, quando estes apresentam a manutenção da vida marinha já desenvolvida naquele local (IBP, 2017). Tal possibilidade é passível de licenciamento ambiental pelo IBAMA através da Instrução Normativa (IN) N°28/2020 (IBAMA, 2020).

6. Lei 12.305/2010, que disciplina a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Vide http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

Como a vida marinha é a mais afetada pela operação petrolífera, a manutenção de uma parte da estrutura da unidade de produção submersa é uma forma de reduzir os impactos causados pela operação, já que esses recifes artificiais se tornam um excelente ecossistema para a vida marinha no entorno da plataforma (WIEGAND, 2011). Logo, se faz necessário uma avaliação ambiental minuciosa na área antes de remover a plataforma, pois a remoção de estruturas submersas pode causar impactos, como a perda permanente do habitat no recife artificial presente na estrutura da plataforma, assim como problemas para a navegação e pesca (RUIVO, 2001).

Mediante isso, o plano de monitoramento ambiental se faz tão importante e necessário, pois é através dele que será avaliado e analisado o fundo do mar ao redor das estruturas da plataforma. É importante que este monitoramento seja realizado pré e pós descomissionamento para verificar quais foram os impactos de tal atividade no meio ambiente. A partir da pesquisa de pré-monitoramento se consegue uma avaliação detalhada da situação do fundo do mar em torno de cada estrutura antes do início das operações de descomissionamento *offshore*. A pesquisa pós-descomissionamento é realizada quando todo o trabalho *offshore* for concluído. Assim, é realizada novamente uma visita nas áreas já avaliadas anteriormente para obter um conjunto de dados diretamente comparável, que permitirá determinar com alto grau de confiança se as operações *offshore* tiveram algum impacto no meio ambiente local. Desta forma, se saberá o caráter geral e estado

do fundo do mar e sua recuperação após cessação da produção e subsequente desmantelamento (SHELL, 2020).

Um exemplo de monitoramento ambiental foi a pesquisa realizada no campo de Frøy, no Mar do Norte (Plataforma continental norueguesa), que teve suas atividades encerradas em 2001 e a plataforma removida no ano seguinte. Uma avaliação extensa da condição ambiental em Frøy foi conduzida em junho de 2003. Após o término da produção em 2001, a plataforma e a jaqueta foram removidas e transportadas para a costa para desmontagem e reciclagem. Os únicos sinais restantes da operação de produção no local de Frøy são uma pilha de corte (aproximadamente 50 x 100 m de largura) e alguns *pipelines* cobertos. A pesquisa foi realizada coletando cerca de 450 animais marinhos (150 invertebrados e 300 peixes), bem como amostras de sedimentos. Para investigar o impacto potencial das estruturas deixadas no fundo do mar, foram coletados animais e amostras de sedimentos na vizinhança imediata das estacas abandonadas, a algumas centenas de metros das estacas, e por fim, a uma distância de 10 km das estacas. Um estudo detalhado dos resultados mostrou que o impacto foi limitado, primeiramente, a algumas centenas de metros de raio em torno das estacas (<500m) e, em segundo lugar, para uma certa categoria de invertebrados que se alimentam de organismos que vivem no sedimento. O impacto restante após o descomissionamento da plataforma Frøy é geograficamente muito limitado e não é exportado na cadeia alimentar. Concluindo, portanto, que o estado atual da localização Frøy não

apresenta qualquer risco para o meio ambiente (PLISSON-SAUNÉ *et al.*, 2005).

Tal pesquisa, além de comprovar que o local foi deixado em boas condições ambientais para todos os compartimentos do meio marinho, também valida o método de pesquisa utilizado para acompanhar o monitoramento pós-descomissionamento (PLISSON-SAUNÉ, *et al.* 2005).

No entanto, no Brasil, a frequência, forma e duração do monitoramento é uma questão que ainda gera dúvidas na regulação do descomissionamento. A regulação é pouco detalhada e cabe às empresas avaliarem e proporem ao IBAMA suas estratégias de descomissionamento. Estas devem sustentar suas propostas de descomissionamento através de estudos de Avaliação de Impactos Ambientais (IBP, 2017). Portanto, é importante que as propostas para o Plano de Monitoramento

Pós-Descomissionamento (PMPD) sejam construídas em conjunto com o órgão ambiental, a fim de que sejam consideradas as particularidades de cada projeto do descomissionamento, levando em conta aspectos ambientais, técnicos, econômicos e sociais (PETROBRAS, 2020).

Embora muito se fale que deve haver a recuperação da área afetada, não há nenhum documento que aprofunde o tema, ficando sempre a cargo do operador a proposição de soluções. Uma situação de tamanha complexidade, com inúmeros reflexos ambientais deveria ser levada mais a sério e soluções efetivas deveriam ser propostas, a fim de que parâmetros fossem previstos para a recuperação ambiental. No entanto, o órgão ambiental se limita a exigências genéricas nos termos de referência que orientam o licenciamento ambiental das atividades petrolíferas (SOUZA, 2019; MACHADO *et al.*, 2013; IBP, 2017).

3

CAPÍTULO

Soluções sustentáveis

3.1. O QUE É UM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E OS ODS DA ONU

O termo desenvolvimento sustentável se tornou presente em muitos discursos de representantes governamentais em busca de componentes estratégicos para um equilíbrio entre políticas governamentais, práticas por empresas e organizações sociais. No entanto, desenvolvimento e sustentabilidade são assuntos em pautas mundiais desde 1987 pela Comissão de Brundtland onde foi disponibilizado no relatório "Nosso Futuro comum", duas premissas para compreender o desenvolvimento sustentável: a primeira voltada para necessidade e sobrevivência humana de extrema pobreza; e, a segunda premissa, relacionada com os limites ao meio ambiente entre organizações sociais e tecnologias que impossibilitam atendimento das necessidades futuras (DIAS, 2011). Este relatório abriu espaço para que novas abordagens sobre desenvolvimento sustentável surgissem. Como exemplo, para alguns o desenvolvimento sustentável é equilibrar o crescimento econômico e os recursos naturais com auxílio de tecnologias mais eficientes e menos poluentes; para outros, está relacionado com projeto social que visa a erradicação da pobreza, melhorando a qualidade de vida de forma condizente com o meio ambiente. O desenvolvimento sustentável,

assim, tornou-se um novo conceito introduzido e conflitante com grandes setores energéticos, como óleo e gás.

A crescente propagação do setor de óleo e gás, e a crescente propagação dos problemas ambientais eram uma relação linear que ganhava notória atenção junto à ONU, sociedade e chefes de Estados que observaram a necessidade mundial de medidas de controle. Com isso, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a Eco-92 ou Rio-92, realizada no Brasil, reuniu chefes de Estados de todo mundo com o foco de intensificar ações e difundir o conceito do desenvolvimento sustentável. O encontro resultou na busca por proteção de biodiversidade e ao uso sustentável de recursos naturais, firmando alguns tratados como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e a Convenção sobre Diversidade Biológica, além de documentos como a Carta da terra, a Declaração de Princípios sobre Florestas, a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e a Agenda 21 global.

A agenda 21, especialmente, foi um importante documento para o desenvolvimento sustentável que engloba a conservação ambiental, a justiça

social e eficiência econômica. O documento ainda define desenvolvimento sustentável como: “Aquele que deve atender às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras” (TEXEIRA, 2008). Após 10 anos, a Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (CDS) realizou a Rio +10 com intuito de rever as metas propostas da Agenda 21 e, em seguida, a Rio +20.

Realizada em 2012, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), onde mais uma vez os chefes de Estados, sociedade, empresas e ONGs discutem temas que foram explorados durante a Rio-92. Em pauta, além de assegurar e fortalecer o desenvolvimento sustentável, o tema da economia verde foi um dos principais objetivos. O documento gerado foi intitulado “O futuro que queremos”. Nesta conferência também nasce os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com o intuito de produzir um conjunto de metas universais que atendessem aos urgentes desafios ambientais, políticos e econômicos que o mundo enfrenta. Os ODS substituem os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que iniciou um esforço global em 2000 para combater a indignidade da pobreza. Os ODS são também um apelo urgente para mudar o mundo para um caminho mais sustentável (OLIVEIRA, 2000).

Os objetivos da ONU estão interconectados, foram elencados em 17 objetivos: i) Erradicação da pobreza; ii) Fome zero e agricultura; iii)

Saúde e bem-estar; iv) Educação de Qualidade; v) Igualdade de gênero; vi) Água Potável e Saneamento; vii) Energia limpa e acessível; viii) Trabalho decente e crescimento econômico; ix) Indústria, Inovação e Infraestrutura x) Redução das desigualdades; xi) Cidades e comunidades sustentáveis; xii) Consumo e Produção responsáveis; xiii) Ação contra a mudança global do clima; xiv) Vida na água; xv) Vida terrestre; xvi) Paz, Justiça e instituições eficazes; e, xvii) Parcerias e meios de implementações. Todos estes objetivos ajudam a lidar com a ameaça das mudanças climáticas, afetada pela maneira como administramos nossos frágeis recursos naturais, a alcançar a igualdade de gênero, a erradicar a pobreza e promover a paz e sociedades inclusivas, reduzir as desigualdades e ajudar as economias a prosperarem (ONU, 2020). Estes 17 objetivos estão incluídos em metas de empresas do setor petrolífero, com alinhamento através de resoluções em conjunto com esferas governamentais.

A agenda 2030, concluída em agosto de 2015 por líderes reunidos na sede da ONU com o objetivo de cumprir os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, afirma a necessidade de um caminho sustentável de forma urgente, a partir de medidas ousadas e transformadoras. Desse modo, o desenvolvimento sustentável passou a ser o princípio norteador em planejamento de ações governamentais brasileiras e de políticas governamentais em todo o mundo, inclusive no que concerne ações ambientais e energéticas, compreendendo que é um compromisso assumido para a construção de um país e mundo melhor (TEXEIRA; MACHADO, 2012).

No que diz respeito ao Brasil, o caminho para o desenvolvimento sustentável está correlacionado ao direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito fundamental na Constituição da República de 1988 (CF/88). Então o desenvolvimento nacional, objetivo pautado na Carta Magna (art. 3º, II), está pautado sobre: a redução das desigualdades regionais e sociais (art. 3º, III); a construção de uma ordem econômica com fins de assegurar a todos uma existência digna em consonância com a preservação ambiental (art. 170, caput c/c VI); e, a garantia do direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado com responsabilidade intergeracional (art. 225, caput). O desenvolvimento nacional, então, encontra-se harmonizado em uma estrutura de longo prazo entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais (MACHADO; VILANI, 2010).

A Constituição no Brasil apresenta quatro princípios básicos de direito ambiental que contribuem para a consolidação do desenvolvimento sustentável: O princípio da equidade intergeracional; o princípio do acesso equitativo aos recursos naturais; e, o princípio da precaução. Ainda, é relevante citar o princípio da prevenção, baseado no conhecimento de causa conhecido e impactos provocados. A partir dessa base que é construído o licenciamento ambiental. O setor petrolífero no

Brasil busca atender ao equilíbrio entre a exploração e o desenvolvimento sustentável, no qual se apliquem esforços para não causarem danos ambientais visíveis, como derramamento de óleo, e para o descomissionamento adequado, assegurando a sustentabilidade (GASPARONI, 2014).

As discussões acerca do descomissionamento ambiental e os impactos associados ao meio ambiente com a desativação de plataformas ainda estão embrionárias no Brasil, e avançando no mercado internacional, mesmo este fazendo parte do plano estratégico da Petrobras para o descomissionamento de 18 plataformas. Vale ressaltar, por fim, que a questão ambiental está no cerne e na origem da preocupação com o descomissionamento adequado, impulsionado pela tentativa de afundamento da estrutura *Brent Spar*, no Mar do Norte, sob a jurisdição do Reino Unido, em 1995, que fez com que ambientalistas ocupassem a estrutura protestando contra a quantidade de poluentes no meio ambiente. Essa estrutura foi retirada de alto mar e levada para terra, estimulando o reuso do material como solução, porém, nenhuma legislação ou normas ambientais existiam, fazendo com que países atuantes na exploração petrolífera analisassem a fase de descomissionamento, custos, normas ambientais e políticas de desativação das estruturas (TEXEIRA; MACHADO, 2012).

3.2. OPÇÕES SUSTENTÁVEIS E EFICIENTES

Visando atender demandas internacionais cada vez mais fortes referentes a responsabilidades socioambientais, torna-se importante discutir opções sustentáveis e eficientes para o mercado do descomissionamento. Como já foi abordado anteriormente, o cenário brasileiro atual e as perspectivas futuras indicam um grande potencial para o desenvolvimento desta atividade, baseado na previsão de investimentos e no tempo de operação das plataformas em atividade no Brasil. Outro fator importante a ser levado em consideração é o relevante histórico de construção naval no Brasil, o que proporcionou, ao longo das últimas décadas, a criação de diversos estaleiros. Guimarães e Figueiredo (2019) apresentam um panorama geral destas instalações, em todas as regiões do Brasil, demonstrando variações nas condições dos parques industriais. É evidenciada uma grande capacidade tecnológica nos estaleiros da região Nordeste (desenvolvidos para atender a demandas da indústria *offshore* e construir embarcações mais complexas); por outro lado, pode-se citar o grande número de estaleiros na região Sudeste (principalmente no Rio de Janeiro), porém com parques industriais envelhecidos. A região Norte apresenta estaleiros menores e focados em embarcações fluviais e de pequeno porte; já na região Sul, há uma estrutura híbrida entre as condições das regiões anteriores. Dito isso, é possível citar a grande quantidade de estaleiros brasileiros como uma grande oportunidade para desenvolver atividades de

desmonte, reutilização e reciclagem (seria uma válvula de escape para manter atividades, visto que em alguns casos, como as regiões Nordeste e Sudeste, os estaleiros dependem de demanda induzida para manter as atividades), entretanto representa também um grande desafio, pois seriam necessários investimentos para a adaptação destes estaleiros para a indústria do descomissionamento.

Antonio (2019) apresenta um estudo de viabilidade econômica para as atividades de desmonte de estruturas flutuantes no Brasil, dentre elas, plataformas do tipo FPSO. Os resultados apresentados para navios petroleiros foram desanimadores, no sentido de não considerarem margem de lucro para o estaleiro, evidenciando assim fragilidade e risco no processo de desmonte e reciclagem. Por outro lado, para reciclagem de plataformas do tipo FPSO, os resultados foram promissores, indicando assim uma possível competitividade internacional dos estaleiros brasileiros para as atividades de descomissionamento, gerando margens de lucro para os estaleiros. Entretanto, é importante ressaltar que os dados foram obtidos a partir de aproximações e estimativas (devido à carência de dados e de histórico de desmonte no Brasil), o que pode indicar alguma flutuabilidade. A partir deste estudo, é possível visualizar os grandes desafios para consolidar as atividades de desmonte, reutilização e reciclagem de estruturas *offshore* no Brasil, sendo necessários ainda incentivos a estes estaleiros e uma regulamentação mais específica.

Um ponto importante a se ressaltar é que, além de uma grande oportunidade socioambiental e econômica, segundo a Resolução nº 817/2020 da ANP, a preocupação com políticas sustentáveis é uma responsabilidade do operador. De acordo com o artigo 5º, e como já mencionado, o operador deve ter as melhores práticas referentes à sustentabilidade e responsabilidade social, visando seguir as diretrizes dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU⁷. A seguir, será apresentada uma análise dos processos de reutilização, reciclagem e ressignificação de estruturas *offshore*, algumas destas opções sustentáveis e benéficas ao meio ambiente.

3.2.1. REUTILIZAÇÃO

No Mar do Norte, estimativas apontam que até 2019, eram descomissionadas em média 150 mil toneladas de aço por ano e, a partir de 2020, a previsão é de mais de 270 mil toneladas por ano (DECOM North Sea, 2014). Dessas, aproximadamente 40% são estruturas flutuantes, como plataformas semissubmersíveis e navios sonda (*drillships*), que podem potencialmente ser reutilizados em novos campos ou novos projetos. Estes números altos com relação ao descomissionamento no Mar do Norte têm relação com a estrutura de suas instalações; atualmente há ao menos seis estaleiros com experiência na área (sendo três deles no Reino Unido, dois na Noruega e um na Holanda),

além de outros 17 com grande potencial para atender as demandas futuras. Estas instalações possuem grande capacidade em atividades de reutilização e reciclagem de ativos *offshore*. O processo de reutilização de estruturas *offshore* é uma ótima opção para um descomissionamento sustentável, podendo ser um processo ainda mais benéfico para o meio ambiente do que a reciclagem, devendo ser a primeira opção, passando para a reciclagem apenas quando nada puder ser reutilizado (OFFSHORE, 2002).

A primeira etapa do processo de reutilização é a retirada da estrutura do local de exploração. Em casos de estruturas flutuantes, essa retirada se dá de forma mais fácil, pois ela pode ser rebocada com o auxílio de navios rebocadores e embarcações de apoio *offshore*, como pode ser observado na figura 7. Em casos de navios sonda (*drillships*), esta retirada é ainda mais facilitada, pois em geral essas embarcações possuem propulsão própria.

Em situações de plataformas fixas, como jaquetas ou plataformas auto elevatórias (*jack-up rigs*), será necessário que seja desconectado o *topside* da subestrutura para então serem transportadas para a costa.

Na segunda etapa do processo, é feita a armazenagem da estrutura em estaleiros, portos ou cais. O ativo é então inspecionado e submetido a testes

7. Resolução ANP 817/2020, art. 5º.

FIGURA 7: ESQUEMA DE REBOQUE DE PLATAFORMA SEMISSUBMERSÍVEL.



Fonte: Kongsberg (2020)

não destrutivos para analisar seu estado. Após isso, é feita a restauração das estruturas, onde são feitos reparos, para então deixar o material disponível para futura compra. Nas figuras 8 e 9 é possível ver a diferença de um deck de uma plataforma antes e depois do processo de reparo para

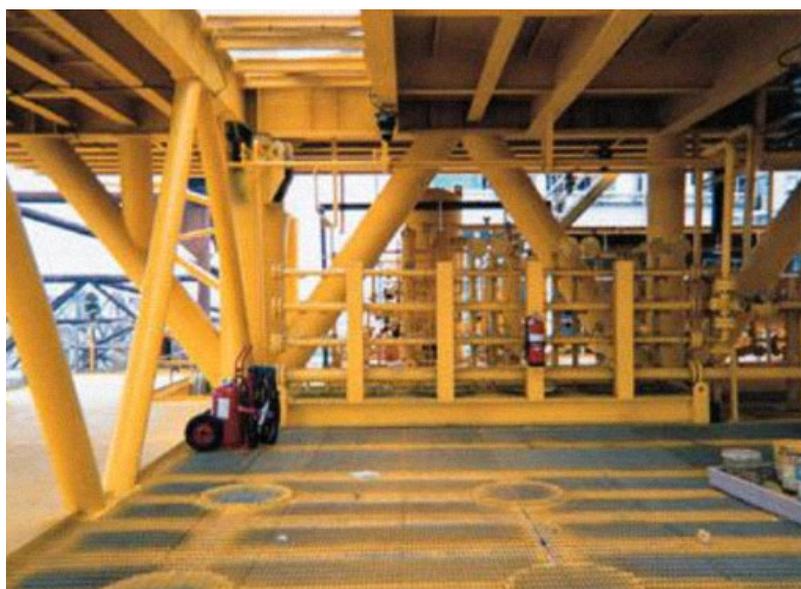
reutilização. Nessa etapa também é feita a preparação da estrutura para se adequar às condições do novo local e projeto; esta etapa de preparação e adequação ao novo projeto, bem como a aprovação das autoridades competentes estão garantidas no Anexo I da Resolução nº 817/2020 da ANP.⁸

8. Resolução ANP, Anexo I.

FIGURA 8: DECK DE PLATAFORMA EM ESTALEIRO ANTES DO PROCESSO DE RESTAURAÇÃO.



FIGURA 9: DECK DE PLATAFORMA EM ESTALEIRO APÓS PROCESSO DE RESTAURAÇÃO.



Fonte: Wan Abdullah Zawawi et al. (2013)

A terceira e última etapa da reutilização é o transporte e instalação do ativo no novo local. A estrutura é transportada de diferentes formas dependendo do tipo de plataforma, podendo ser rebocada através de navios rebocadores, ou movida autonomamente através de propulsão própria.

Algumas questões a serem pensadas em relação à reutilização são:

- Combinar material existente e reutilizável ao novo sistema produtivo;
- Analisar os custos para reutilização. Caso o custo-benefício não seja eficiente, o material deve então ser reciclado; e,
- Comprar o material restaurado ou utilizar sistema de concessão. O comprador do mate-

rial para reutilização assume todas as responsabilidades sobre o material.

O material pode ser reutilizado por inteiro ou apenas alguns componentes, bem como podem ser empregados em novos campos de exploração de petróleo ou em diferentes projetos. Uma das regiões onde a reutilização é mais empregada é o Golfo do México; segundo Robert Byrd, da Twachtman, Snyder e Byrd (uma consultoria de gerenciamento de projetos em Houston, Texas), 30% dos *topsides* desativados no Golfo do México são destinados à reutilização, bem como 20% das jaquetas (OFFSHORE, 2002). Um exemplo que pode ser citado é o da plataforma SMI 142, da operadora Total Minatome, instalada no Golfo do México, ilustrada na figura 10. Esta plataforma consiste em um *topside* e uma jaqueta recuperados de instalações distintas.⁹

9. Mais informações em: <https://www.offshore-mag.com/business-briefs/article/16756211/sale-of-existing-platforms-past-present-and-future>

FIGURA 10: PLATAFORMA SMI 142, DA TOTAL MINATOME, SENDO REUTILIZADA NO GOLFO DO MÉXICO.



Fonte: Offshore Magazine (1998)

A reutilização de estruturas *offshore* pode ser muito benéfica, tanto para o meio ambiente quanto para o operador. Esta é uma solução sustentável que minimiza muito o descarte irregular de estruturas desgastadas de aço no meio ambiente, além dos resíduos provenientes. Em relação ao operador, essa opção permite a redução dos custos direcionados ao descomissionamento que, em geral, são altos. E para o posterior comprador da estrutura, o benefício econômico é muito relevante, pois reduz o custo e a energia investidos para construção e instalação de estruturas de aço no local do empreendimento (WAN ABDULLAH ZAWAWI *et al.*, 2013).

Um aspecto muito importante para avaliar a viabilidade econômica, técnica, ambiental e social da reutilização é a cadeia de suprimentos. Os prin-

cipais elementos necessários são (DECOM North Sea, 2014):

Embarcações para reboque da plataforma;

- Configuração do estaleiro adequada para a aproximação da embarcação de reboque;
- Espaço físico e configuração do estaleiro para reparo da embarcação, que vão variar de acordo com o tamanho e peso da estrutura, além do tipo de remoção foi feita (*small pieces, single lift, multiple lift*, entre outros);
- Dique seco com tamanho e formato adequados para a docagem da plataforma; e,
- Mão de obra especializada.

3.2.2. RECICLAGEM

A indústria de desmantelamento e reciclagem de estruturas *offshore* tem crescido bastante na última década e há perspectivas de crescerem ainda mais nos próximos anos. Estimativas de desmantelamento e reciclagem de aço proveniente de plataformas *offshore* no Mar do Norte chegaram a 100 mil toneladas por ano até 2020, e a perspectiva é de que esse valor chegue a 160 mil toneladas por ano na segunda metade da próxima década (DECOM North Sea, 2014).

Atualmente no Brasil, apenas o Estaleiro Atlântico Sul é certificado para a realização das atividades de desmantelamento e reciclagem de estruturas *offshore*, entretanto outros estaleiros de grande porte também estão estudando o assunto e se mobilizando para receber unidades *offshore* e buscando licenças para armazenamento de resíduos radioativos de ocorrência natural e tratamento do Coral-sol¹⁰ (CASTILHO, 2020)¹¹. Em 2019, o Diretor de Meio Ambiente da Comunidade Europeia, Peter Koller, visitou quatro estaleiros brasileiros para verificar suas condições e capacidade de atender a indústria de desmantelamento e demonstrou entusiasmo com relação à qualificação das instalações, ressaltando que, em termos de capacitação, os estaleiros brasileiros de grande porte atendem às necessidades, como, por exemplo, o espaço e o calado¹² necessários para a reciclagem após docagem (SINAVAL, 2020c).

O Brasil possui perspectivas futuras otimistas para o desmantelamento e a reciclagem de estruturas *offshore*. A partir de 2022, serão descomissionadas por ano, em média, de 950 a 1000 estruturas flutuantes no mundo (incluindo embarcações), porém apenas 42 estaleiros ao redor do planeta possuem certificação para estas atividades, não atendendo a mais que 55% da demanda (650 unidades). Tendo em vista este gargalo e a capacidade dos estaleiros brasileiros, bem como a facilidade de comercialização de sucata ferrosa e não ferrosa (provenientes do desmonte) para siderúrgicas e metalúrgicas, a expectativa é que o Brasil se desenvolva rapidamente neste segmento (CARRETEIRO, 2020).

A primeira etapa do processo de reciclagem de estruturas *offshore* é similar ao processo de reutilização. A segunda etapa é a chegada à costa, ou seja, a aproximação da plataforma ao porto. Nessa etapa são necessários os operadores do porto e canais de acesso de águas profundas (DECOM North Sea, 2014).

Após a chegada ao porto, a plataforma é encaminhada para o estaleiro onde será realizado o desmonte da estrutura. Nesta etapa, há duas possibilidades: o desmonte pode ser realizado em um dique seco ou no cais do estaleiro. O dique seco é uma instalação cavada à beira do mar onde a embarcação ou plataforma pode se aproximar e atracar. Após a atracação, através de válvulas e bombas, o dique consegue expelir a água, de

10. O coral-sol (*Tubastraea* spp.) é um invasor marinho que está ameaçando a biodiversidade da zona costeira brasileira. Foi introduzido no Brasil no final da década de 80, através de plataformas de petróleo/gás e invadiu costões rochosos ao longo de 900 km do litoral.

11. Mais informações em: <http://sinaval.org.br/2020/10/exigencia-de-certificacao-para-descomissionamento-abre-espaco-para-estaleiros-nacionais>.

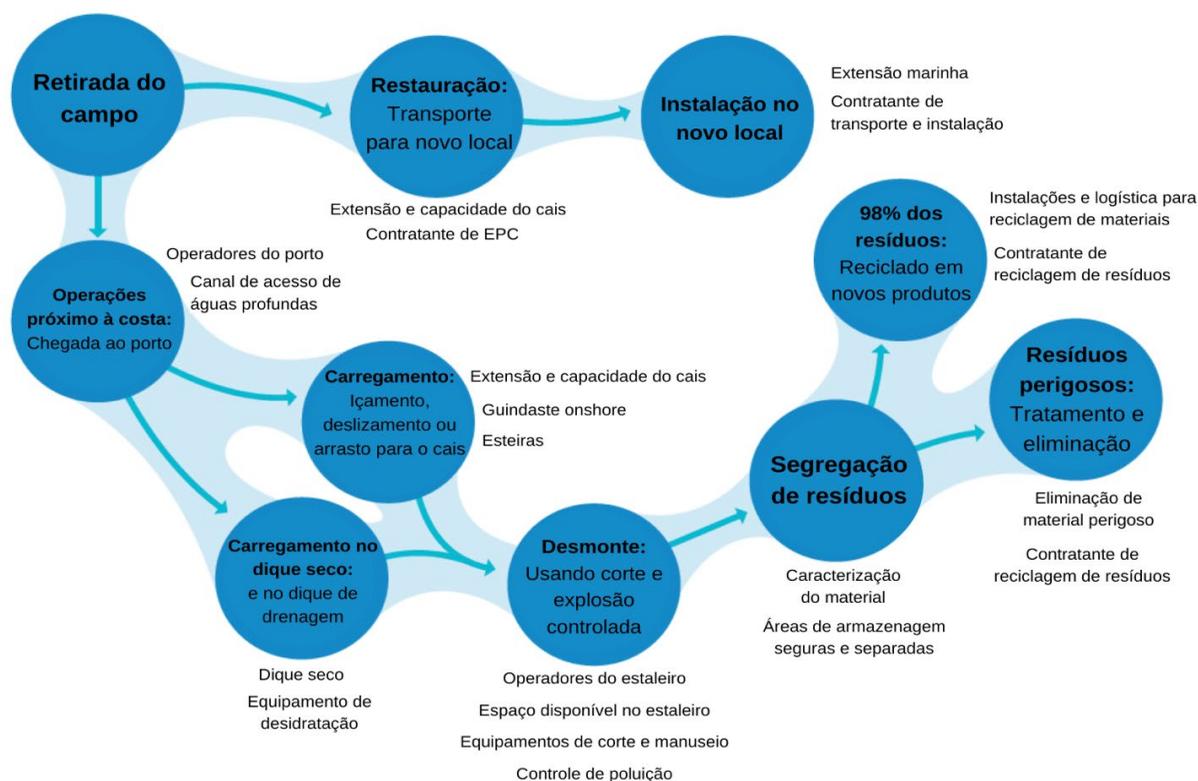
12. Calado é a porção da embarcação localizada abaixo da linha d'água, podendo se referir também à profundidade de um porto ou cais.

modo que o ativo perde o contato com a água e os operadores têm acesso à plataforma. Já o desmonte no cais é feito de modo que a plataforma é içada, puxada ou escorregada para o pátio através de rampas ou esteiras. O tipo do ativo, em termos de tamanho, peso e modo de retirada (*piece small, single/multiple lift*) é o que define as necessidades do porto, cais ou estaleiro onde será feito o desmonte (DECOM North Sea, 2014).

Após o carregamento da plataforma no dique seco ou no cais, é possível iniciar o processo de desmonte propriamente dito. Para isso, são necessárias ferramentas de corte e até mesmo explosões controladas, além, é claro, de mão de obra qualificada.

Posteriormente ao desmonte, ocorre a segregação de resíduos, para separar o material que pode ser reaproveitado e disponibilizado para comercialização e o resíduo perigoso, que deve receber tratamento e eliminação adequados. Nesta etapa são necessárias áreas de armazenagem seguras e segregadas, além de instalações e logística específicas para reciclagem dos materiais e contratante de reciclagem de resíduos (DECOM North Sea, 2014). Na figura 11 abaixo, é possível ver um esquema explicando cada etapa dos processos de reutilização e reciclagem, bem como os elementos críticos da cadeia de suprimentos.

FIGURA 11: ESQUEMA EXPLICATIVO DOS PROCESSOS DE REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM



Fonte: Adaptada pelos autores (Decommissioning in the North Sea, 2014)

Um elemento crucial que deve ser levado em consideração no processo de reciclagem é o já mencionado NORM, material radioativo de ocorrência natural, sendo uma das responsabilidades do operador da plataforma, o adequado tratamento e disposição deste tipo de material.¹³ Seu gerenciamento é definido por regulamentações adicionais e necessita de tratamento específico, dependendo de sua periculosidade, variando de caso a caso. Este é um assunto a ser debatido, visto que, no Reino Unido, a indústria de Óleo e Gás gera em média 800 toneladas de NORM por ano, das quais, menos de 150 toneladas são eliminadas de maneira correta. Isto se deve também ao fato de que apenas um aterro está preparado para disposição de NORM com alto grau de periculosidade, gerando assim um gargalo (DECOM North Sea, 2014).

Um exemplo de reciclagem de sucesso que pode ser citado é o da plataforma Brent Delta, operada pela Shell, no campo de Brent, no Mar do Norte. Este campo iniciou sua produção em 1976 e era composto por quatro plataformas: Alpha, Bravo, Charlie e Delta. Em seu auge, em 1982, o campo de Brent produzia por dia cerca de meio milhão

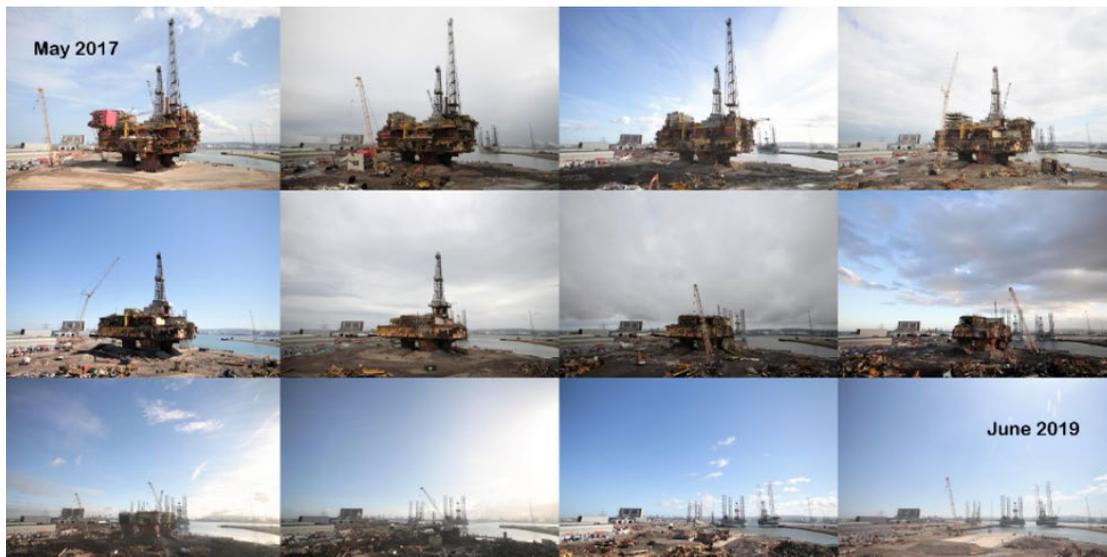
de barris de petróleo (SHELL, 2020). Após 40 anos, a Brent Delta teve sua produção encerrada em 2017, quando foi descomissionada.

O processo de descomissionamento da Brent Delta é considerado até hoje o levantamento marinho mais pesado do mundo; foi um grandioso projeto de engenharia. O *topside* da Delta tinha 24 mil toneladas e foi removido em uma operação de *single lift*, ou seja, foi retirado todo de uma vez. O içamento levou apenas 10 segundos para ser completado, após cinco anos de estudos de engenharia, além de dois anos de preparação da plataforma para fortalecimento do deck inferior para o içamento e o corte das pernas (SHELL, 2015).

Após a remoção do *topside* da Brent Delta, a subestrutura, composta de 3 pernas que sobressaem na linha d'água, permaneceu no local. Já o *topside* foi transportado até o ABLE Seaton Port, onde foi depositado no cais do porto para o devido desmonte. O processo, ilustrado na figura 12, demorou ao todo dois anos e foi considerado um sucesso levando em conta que 97% de toda a estrutura do *topside* puderam ser reutilizados ou reciclados, a maior parte como ferro velho.

13. Resolução ANP 817/2020, Anexo I.

FIGURA 12: DESMONTE DA PLATAFORMA BRENT DELTA NO CAIS DE ABLE SEATONPORT



Fonte: GetechGroup (2020)

A fim de promover um processo de reciclagem de plataformas bem-sucedido, é de vital importância o estudo da cadeia de suprimentos, bem como tudo que será necessário para o empreendimento. Os elementos cruciais da cadeia de suprimentos da reciclagem são bem parecidos com os da reutilização (DECOM North Sea, 2014), acrescentando-se:

- Ferramentas de corte e manuseio;
- Áreas segregadas para separação de material a ser reciclado e dos resíduos para descarte;
- Instalações para tratamento de NORM; e,
- Ambiente com políticas focadas na segurança e local de trabalho licenciado.

Levando em conta as perspectivas futuras para o processo de desmonte e reciclagem de estruturas *offshore* no Brasil, embora as expectativas sejam altas, um grande entrave para esta atividade é a regulamentação. No ano de 2020, a ANP divulgou a Resolução nº 817/2020, que trata exclusivamente do descomissionamento de plataformas, explicando sobre os procedimentos a serem realizados a respeito da desativação e remoção das estruturas (ANP, 2020). Contudo, as diretrizes presentes na resolução não tratam do processo de desmantelamento e reciclagem dos materiais. Por esta razão, a SOBENA, através de seu comitê técnico sobre descomissionamento, desenvolveu, como já foi mencionado, uma nota técnica com Requisitos e Procedimentos Básicos de Inclusão de Estaleiros de Reciclagem de Estruturas Flutuantes e enca-

minhou ao Ministério de Infraestrutura (SOBENA TV, 2020a). O desenvolvimento desta nota foi baseado nas regulamentações europeias e seu objetivo é contribuir com os aspectos técnicos e os requisitos necessários para garantir, aos estaleiros brasileiros, a certificação para atuar neste segmento.

O desmonte e reciclagem de estruturas flutuantes também estão normatizados internacionalmente principalmente pelas duas regulamentações supracitadas, a Convenção de Basileia e a Convenção de Hong Kong, além do Regulamento da União Europeia nº 1257/2013, de 20 de novembro de 2013, relativo à Reciclagem de Navios¹⁴ (baseado na Convenção de Hong Kong).

A Convenção de Basileia, da qual o Brasil é signatário, regula o controle dos movimentos de transbordo de resíduos tóxicos e seu descarte. A Convenção de Hong Kong, da qual o Brasil ainda não é signatário, foi adotada pela IMO em 2009 para reciclagem segura e ambientalmente sustentável de navios, contudo até hoje não entrou em vigor. Embora a indústria considere a Convenção de Hong Kong a única solução para a reciclagem sustentável de navios e estruturas flutuantes, ela é fortemente criticada por não apresentar as diretrizes e padrões que garantam a segurança nessas atividades. Portanto a União Europeia (UE), por meio do Regulamento

de Reciclagem de Navios define os requisitos básicos para garantir a sustentabilidade e a segurança na reciclagem de estruturas flutuantes (tanto para o meio ambiente quanto para os trabalhadores), indo além da Convenção de Hong Kong e regulando também o gerenciamento de resíduos. Através desse regulamento, a UE mantém uma lista de estaleiros ao redor do mundo que atendem aos requisitos básicos para realizar as atividades de desmonte e reciclagem de estruturas flutuantes (NGO Shipbreaking Platform, 2019).

A adoção desses regulamentos e a busca por uma atividade de reciclagem sustentável é reflexo da preocupação internacional com uma prática crescente, o desmonte ilegal de estruturas flutuantes em praias do sul da Ásia, conhecido como Beaching. Esta prática consiste na venda das estruturas para atores conhecidos como cash buyers que, por sua vez, revendem o ativo para estaleiros nas praias de países como Paquistão, Bangladesh, Índia, China e Turquia. Nessas praias, trabalhadores se encarregam do corte e desmonte dos ativos, correndo sérios riscos de vida devido a altas quedas e explosões, podendo ser atingidos por pedaços de aço (tais condições insalubres são ilustradas na figura 13). Somam-se ao custo humano, os custos ambientais, devido ao despejo dos resíduos do desmonte nas praias (NGO Shipbreaking Platform, 2019).

14. Mais informações em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32013R1257>

FIGURA 13: TRABALHADORES SE PREPARAM PARA AMARRAR UMA CORDA A UMA PLATAFORMA PARA SER DESMANTELADA NA PRAIA DE ALANG, NA CHINA.

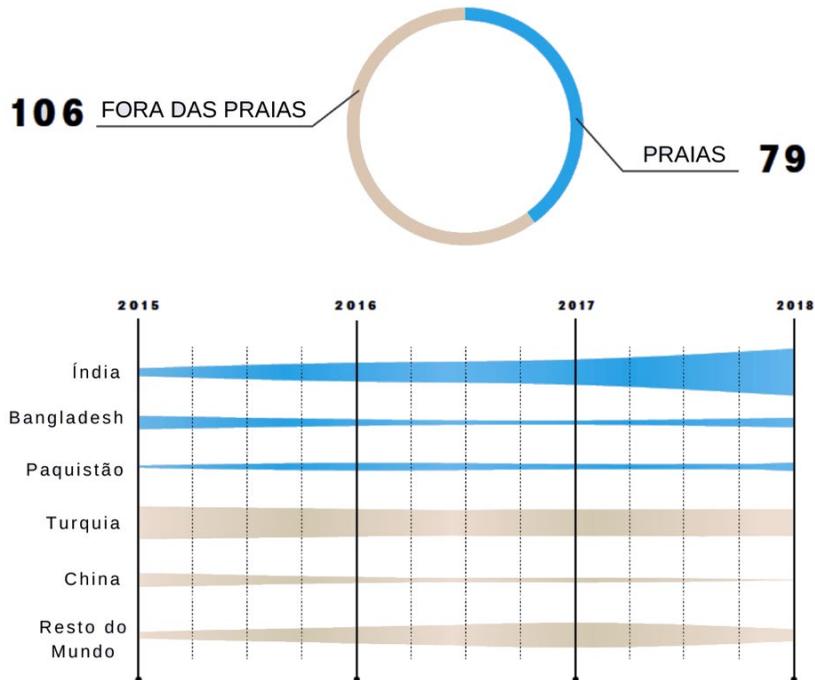


Fonte: NGO Shipbreaking Platform (2019)

Dados revelam um risco crescente: de 2015 a 2018, 185 ativos de óleo e gás foram desmantelados, dos quais 42% (79) foram enviados para as praias do sul da Ásia. Considerando apenas 2018, esses números se tornam ainda mais alarmantes, 86% de toda a tonelagem desmantelada do mundo foi feita através do método do *Beaching* (NGO Shipbreaking Platform, 2019). Os dados completos podem ser observados na figura 14.

Com o objetivo de combater essas estatísticas, o Regulamento Europeu de Reciclagem de Navios, contendo a lista de instalações ao redor do mundo certificadas para o desmantelamento de estruturas flutuantes, bem como a nota técnica elaborada pela SOBENA trazem novas perspectivas para o futuro deste segmento, buscando assim práticas mais sustentáveis e benéficas para o meio ambiente.

FIGURA 14: GRÁFICO ILUSTRANDO A QUANTIDADE DE ESTRUTURAS FLUTUANTES DESMANTELADAS AO REDOR DO MUNDO ENTRE 2015 E 2018.



Fonte: Adaptado pelos autores (NGO Shipbreaking Platform, 2019)

3.2.3. RESSIGNIFICAÇÃO

Outra estratégia para descomissionamento sustentável, cada vez mais presente e desenvolvida internacionalmente, é a ressignificação, isto é, a reutilização de estruturas *offshore* de modo que o ativo seja reaproveitado em projeto diferente daquele em que havia sido empregado inicialmente. O objetivo da ressignificação, como o próprio nome sugere, é dar um novo significado àquela estrutura, exercendo função diferente.

3.2.3.1 Recifes Artificiais

Esta é uma iniciativa muito benéfica para o meio ambiente, sendo, assim como a reutilização, a melhor alternativa para o descomissionamento sustentável. Ao redor do planeta, vários projetos muito interessantes vêm sendo desenvolvidos e, em alguns casos, empregados em larga escala, como é o exemplo da reutilização de jaquetas de plataformas fixas desativadas como estruturas para o desenvolvimento de recifes artificiais, o programa conhecido como *Rigs-to-reef*.

Os recifes artificiais são estruturas desenvolvidas pelo homem e dispostas em um ambiente marinho. Tais estruturas podem ser feitas de diversos tipos de materiais, como plástico, concreto, pneus, entre outros. O objetivo principal dos recifes artificiais é influenciar processos físicos, biológicos ou socioeconômicos relacionados a recursos marinhos vivos (Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Norte - APAM LN). Os recifes artificiais contribuem para a recuperação biológica marinha do local, além de fomentar, por exemplo, o desenvolvimento de atividades de pesca (IBAMA, 2020).

Levando em conta o tempo de atuação de plataformas de petróleo, em geral de 25 a 30 anos, a remoção total da estrutura pode causar um impacto ambiental enorme ao ecossistema presente no local, de modo que, em alguns casos, a melhor alternativa pode ser o abandono da estrutura no local (APAM LN, 2020). É importante ressaltar que, em casos de incidentes ou danos, a responsabilidade ambiental para estruturas deixadas *in situ* permanece com a empresa operadora do campo (geradora do passivo ambiental) mesmo após o fim das atividades (ANP, 2020).

O programa conhecido como Rigs-to-reef é a prática de converter plataformas fixas de óleo e gás descomissionadas em recifes artificiais. A implementação deste programa traz inúmeros benefícios para o meio ambiente, pois quando

uma plataforma é apropriadamente preparada e colocada no local, ela contribui para o desenvolvimento de diversas espécies (como ilustrado na figura 15), como peixes, mexilhões, cracas, ostras, esponjas, entre outras (estimativas apontam que uma estrutura típica de uma plataforma de 8 pernas proporciona habitat para entre 12 mil e 14 mil peixes¹⁵), além de promover várias oportunidades recreativas, turismo e desenvolvimento do comércio através da pesca. Por fim, é muito benéfico também para o proprietário da estrutura, que teria um gasto muito grande com o descomissionamento do material, que se tornaria apenas sucata (APAM LN, 2020).

Além dos efeitos positivos, é importante ressaltar também os potenciais impactos negativos da implementação de recifes artificiais. Tais impactos podem ocorrer quando o tipo de estrutura, ou o material e até mesmo o espaçamento entre as unidades for inadequado. Por exemplo, quando as estruturas forem instaladas em locais rasos, sofrendo ação de ondas e correntes, causando interferência na mobilidade de sedimentos costeiros, levando assim a processos erosivos e assoreamento. Outro fator a ser levado em conta é o fato de que estas unidades são agregadoras de habitats, unindo diversas espécies, de modo que esta interação precisa ser fiscalizada. Outro elemento que deve ser levado em conta é o material das estruturas, pois as utilizações de materiais inadequados podem causar graves impactos ambientais (APAM LN, 2020).

15. Mais informações em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7aba78f248974880aee990e6f08a7c39>.

FIGURA 15: PEIXE EM RECIFE ARTIFICIAL CRIADO A PARTIR DE CONVERSÃO DE UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO



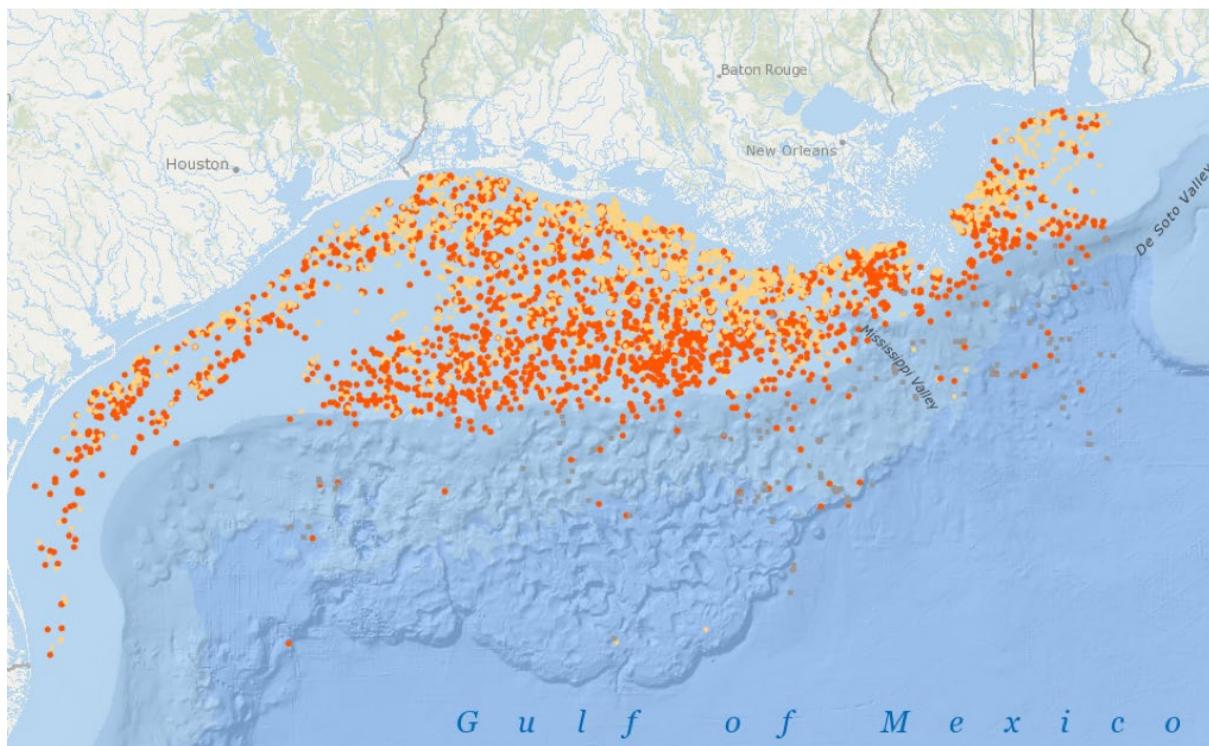
Fonte: GetechGroup (2020)

No Golfo do México, o uso de plataformas descomissionadas para a criação de recifes artificiais data do início da década de 1980, por meio de cooperação entre associações de pesca e fundações no Golfo do México, empresas privadas (como a ExxonMobil) e iniciativas do estado da Flórida, com o objetivo principal de fomentar a atividade de pesca no local. Os programas de Rigs-to-reef se desenvolveram ao longo dos anos e, atualmente, o Golfo do México é o local onde este tipo de atividade é mais empregado, com mais de 500 plataformas permanentemente convertidas em recifes artificiais, representando 11% das plataformas descomissionadas (BSSE, 2020). Analisando as regiões Noroeste e Centro Norte do Golfo, é possível identificar que mais de 30% dos recifes são provenientes das plataformas desativadas (BULL; LOVE, 2019). A região ainda possui um grande potencial futuro para este programa, levando em conta que há mais de 1800 plata-

formas em atividade no local, como observado na figura 16.

A etapa preliminar para o processo de conversão das plataformas é uma inspeção cuidadosa em toda a estrutura para tratamento dos materiais perigosos. O *topside* é então retirado com todos os decks e equipamentos (como tanques, bombas, equipamentos de perfuração, dentre outros) e levado para a costa para posterior reciclagem ou reutilização, dependendo das condições. O interior de todas as pernas da estrutura da jaqueta é também inspecionado para garantir que não haja nenhum resíduo de petróleo em seu interior. Por fim, todos os poços são selados. Diversos aspectos influenciam a decisão de converter ou não uma plataforma descomissionada em recife artificial, como a profundidade da água, o tamanho e tipo de estrutura, a distância da costa, a distância para o local onde será instalado o recife (quando a plataforma é movida para um outro local), entre outros.

FIGURA 16: MAPA COM TODAS AS UNIDADES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO DO GOLFO DO MÉXICO



Fonte: GetechGroup (2020)

Após a remoção do *topside*, pode então ser realizada a conversão da subestrutura fixa da plataforma no recife artificial. A conversão pode ser feita de três maneiras. A primeira opção é a remoção parcial, onde o operador utiliza meios não explosivos (ferramentas de corte) para o corte da estrutura a, aproximadamente, 55 metros abaixo da linha d'água.¹⁶ Essa porção superior pode, então, ser depositada no leito submarino, em águas mais rasas como material adicional para recife. Comparada às outras

opções de conversão, esta é a que proporciona menos trauma e perda de vidas marinhas, provocando maior eficiência na recuperação biológica do local (BULL; LOVE, 2019).

A segunda opção para a conversão de plataformas em recifes artificiais é o tombamento (*topple-in-place*), onde, como o próprio nome sugere, o operador utiliza meios explosivos ou não para cortar as pernas da estrutura e soltá-las do leito submarino. Após este processo, a estru-

16. Resolução ANP 817/2020, Anexo I.

tura é depositada no leito submarino (BULL; LOVE, 2019).

A terceira e última opção para realizar a conversão de plataformas em recifes artificiais é o reboque (*tow-and-place*). Neste processo, o operador, assim como no método do tombamento, utiliza

meios explosivos ou não para cortar as pernas da plataforma, porém, ao invés de tombar a estrutura no leito submarino, ela é rebocada através de navios rebocadores ou embarcações de apoio *offshore* até o local designado para a criação do recife artificial. (BULL; LOVE, 2019). As figuras 17 a 19 ilustram as três opções descritas.

FIGURA 17: ESQUEMA DE REMOÇÃO PARCIAL PARA CONVERSÃO DE PLATAFORMA DE PETRÓLEO EM RECIFE ARTIFICIAL.

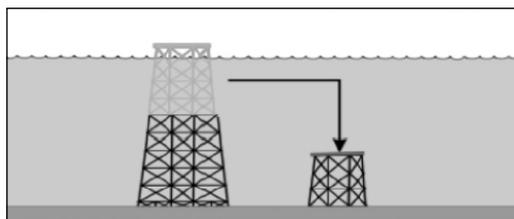


FIGURA 18: ESQUEMA DE TOMBAMENTO PARA CONVERSÃO DE PLATAFORMA DE PETRÓLEO EM RECIFE ARTIFICIAL.

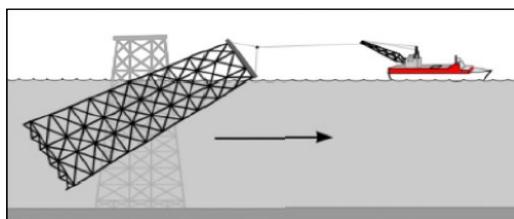
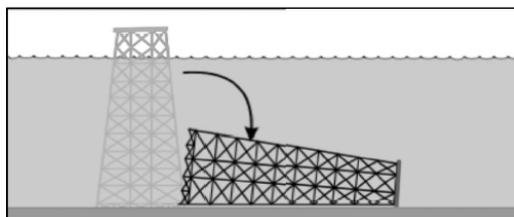


FIGURA 19: ESQUEMA DE REBOQUE PARA CONVERSÃO DE PLATAFORMA DE PETRÓLEO EM RECIFE ARTIFICIAL.



Fonte: Adaptado pelos autores (Bull; Love, 2019)

Um exemplo interessante da utilização do programa de *Rigs-to-reef* no Golfo do México foi a criação do maior recife artificial do mundo, em 1999, em Luisiana. Este recife artificial foi construído a partir de estruturas de mais de 29 plataformas separadas de uma mina de enxofre *offshore*. A mina possui mais de 2km de extensão de área de trabalho e é frequentada por pescadores esportivos (BULL; LOVE, 2019).

Ao redor do mundo, há diversos locais que empregam o uso de plataformas obsoletas como recifes artificiais além do Golfo do México, como a exemplo do Japão, que investe milhões de dólares por ano em programas de recifes artificiais, com apoio governamental. Pode-se citar também a Malásia, que iniciou seus projetos de recifes artificiais na década de 1970 através da iniciativa de pequenos pescadores na costa Leste. Outro exemplo a ser citado é Brunei, que possui políticas de recifes artificiais desde 1988 e, em um último relatório de 2004, mostrou ter pelo menos sete grandes plataformas convertidas em recifes (BULL; LOVE, 2019).

O Brasil possui grandes possibilidades para a adoção deste tipo de programa de reaproveitamento de estruturas *offshore*, levando em conta que, segundo dados da ANP, 56% das plataformas de exploração atuando no Brasil são fixas (DELGADO, 2019), o tipo de plataforma ideal para *Rigs-to-reef*.

A regulamentação dos programas de *Rigs-to-reef*, em geral, determina que todas as estruturas submarinas devem ser removidas no descomissionamento da plataforma (BULL; LOVE, 2019). A Convenção sobre a Plataforma Continental (1958), concluída em Genebra, determina a remoção total das estruturas. Entretanto, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS, em inglês), de 1982, determinou que a decisão deve ser tomada levando em conta os padrões definidos pelo órgão internacional competente, neste caso, a IMO, que, por sua vez, define que as decisões de remoção das estruturas submarinas devem ser tomadas em uma análise caso a caso (IMO, 1989). A avaliação deve ser feita segundo a segurança da navegação, a taxa de deterioração do material, o risco de movimentos estruturais, os efeitos ambientais, os custos, a viabilidade técnica e os riscos de ferimentos relacionados à remoção.

A regulação brasileira, por sua vez, na figura da Resolução nº 817/2020 da ANP¹⁷, assim como a regulamentação internacional, define que todas as estruturas submarinas devem ser removidas. As estruturas poderão permanecer *in situ* em caráter excepcional desde que atendam requisitos normativos como não atrapalhar a navegação, nem provocar danos ao meio ambiente, além de apresentar a devida justificativa para a permanência. Assim como a IMO, a ANP define que esta avaliação deve ser feita numa análise caso a caso.

17. Resolução ANP 817/2020, Anexo I.

3.2.3.2 Brent Spar

Um exemplo muito famoso de ressignificação é o da, já mencionada, plataforma Brent Spar, operada pela Shell UK no Mar do Norte (perto de Stavanger, na Noruega) e descomissionada em 1999.

A Brent Spar foi uma plataforma de armazenamento de petróleo instalada em 1976 e que teve suas atividades cessadas em 1991. Em 1995, durante os estudos e discussões referentes ao descomissionamento, a Shell UK foi alvo de fortes acusações por parte de grupos ambientalistas como o Greenpeace. As denúncias eram a respeito da opção de descarte da estrutura da Brent Spar no leito submarino, alegando que esta decisão seria muito prejudicial ao meio ambiente devido ao cálculo de 5,5 toneladas de óleo existentes na plataforma. Posteriormente, o Greenpeace se desculpou à Shell reconhecendo que o cálculo havia sido equivocado (SHELL, 2008).

Devido a esse impasse, o caso da Brent Spar ganhou muita repercussão, de modo que mais de 200 propostas de descomissionamento foram

enviadas à Shell UK para serem estudadas. Após longas análises de viabilidade econômica e ambiental, a opção escolhida foi a de reutilização da plataforma na extensão de um cais. O Dossiê da Brent Spar, disponibilizado pela Shell UK, explica como foi empreendido o projeto (SHELL, 2008).

A plataforma foi rebocada até Yrkjefjord, em Vats (Noruega), onde o *topside* da estrutura foi retirado e os tanques foram limpos. Após isso, as seções circulares do casco da Brent Spar foram então rebocadas e depositadas no leito submarino, em Mekjarvik, perto de Stavanger para formar a base de um novo cais. A Autoridade Portuária de Stavanger já planejava a extensão do cais na região, para providenciar novas instalações para balsas, porém com a Brent Spar foi possível economizar dinheiro e energia que seriam gastos na construção de novas estruturas de aço. Após depositar as seções da plataforma no leito submarino ao lado do cais já existente, o projeto foi então concluído com a colocação de uma laje de concreto sobre os anéis. O *topside* foi posteriormente sucateado em um estaleiro norueguês (SHELL, 2008). As figuras 20 a 23 ilustram o empreendimento.

FIGURA 20: PLATAFORMA BRENT SPAR PRONTA PARA SER REBOCADA EM 1998



FIGURA 21: PLATAFORMA BRENT SPAR JÁ SEM O TOPSIDE E TENDO A SEÇÃO SUPERIOR CORTADA E LEVANTADA.



FIGURA 22: INSTALAÇÃO DAS SEÇÕES DA BRENT SPAR NO NOVO LOCAL.



FIGURA 23: SEÇÕES DA BRENT SPAR INSTALADAS NO NOVO LOCAL PARA FORMAR A BASE DO NOVO CAIS.



Fonte: Shell (2008)

3.2.3.3 Estruturas fixas ressignificadas como base de torres eólicas

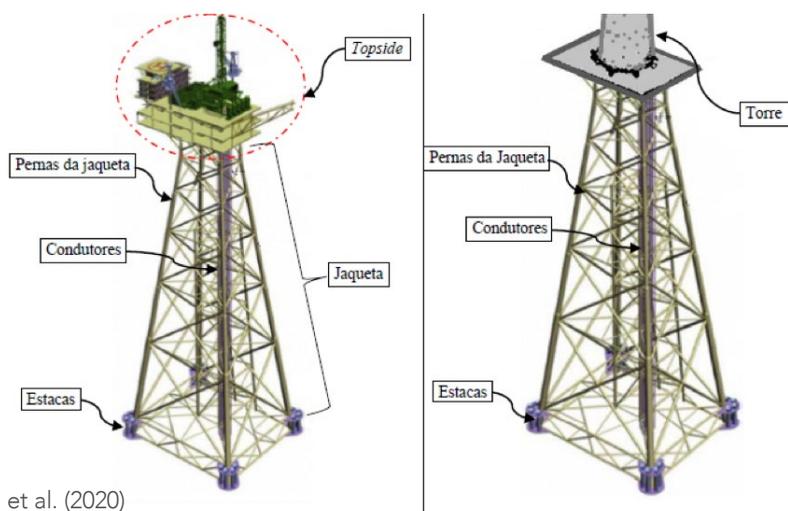
Outro exemplo de ressignificação de estruturas *offshore* está presente em um estudo realizado por Barros *et al.* (2017) e, posteriormente, por Quissanga *et al.* (2020). Nestes estudos, é investigada a viabilidade econômica e estrutural da reutilização de plataformas fixas (*jack-ups*) como subestruturas de torres eólicas *offshore*.

Levando em conta o grande potencial eólico brasileiro, principalmente na região Nordeste, o emprego de torres eólicas tem se tornado cada vez mais frequente. Com o objetivo de aproveitar este vetor energético renovável de maneira ainda mais sustentável, o estudo de Barros *et al.* (2017) comprova a viabilidade econômica e estrutural do emprego desse tipo de plataforma fixa como subestrutura para torres eólicas de 5

megawatts (MW). Posteriormente, Quissanga *et al.* (2020) comprovam que a aplicação deste método para torres com capacidade de 10MW (tendência para o futuro) não é viável. Entretanto, esta pode ser uma solução muito interessante no contexto brasileiro, considerando que mais da metade (56%) das plataformas de E&P em atividade no Brasil são fixas, segundo dados da ANP (DELGADO, 2019). É importante ressaltar que, segundo Barros *et al.* (2017), a reutilização de plataformas fixas como subestrutura de torres eólicas não é exatamente uma novidade, já tendo sido realizada com a plataforma SZ36-1 SPM em 2007 (WANG *et al.*, 2009).

O processo para aplicação deste estudo seria a retirada do *topside* da plataforma para o posterior descarte. Seria, então, feita a instalação da turbina eólica na jaqueta. A figura 24 exemplifica o empreendimento.

FIGURA 24: ESQUEMA DE REUTILIZAÇÃO DE JAQUETA DE PLATAFORMA FIXA COMO SUBESTRUTURA DE TORRE EÓLICA.



Fonte: Quissanga et al. (2020)

3.2.3.4 SeaventuresDive Resort – Plataforma ressignificada como um hotel

A ressignificação também ocorreu no caso do Seaventures Dive Resort (figura 25), um hotel instalado em uma antiga plataforma autoelevável construída no Panamá e utilizada como

sonda de perfuração de poços de petróleo pela Petronas Oil Corporation até 1985, quando foi desativada e ficou ancorada em um estaleiro em Singapura. A estrutura permaneceu lá até 1988, quando o ex-Ministro-Chefe do estado de Sabah, Harris Salleh, viu na plataforma um novo potencial, transformá-la num hotel.

FIGURA 25: SEAVENTURES DIVE RESORT.

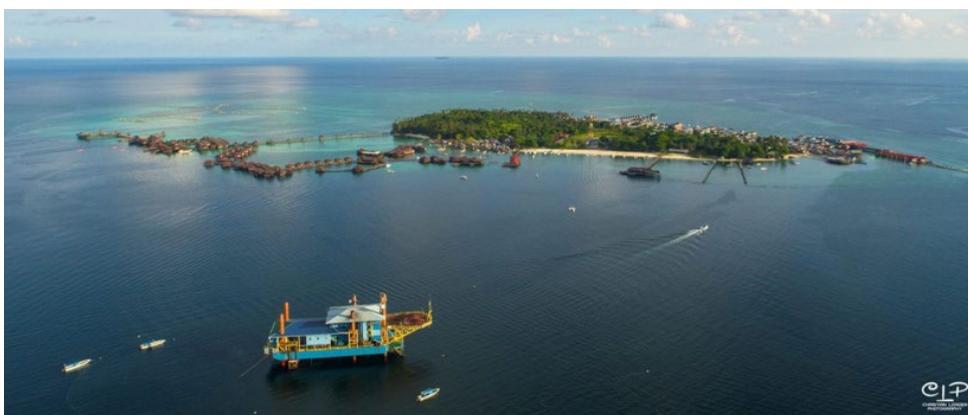


Fonte: <https://seaventuresdive.com/>

A plataforma foi levada para a Ilha de Labuan, na Malásia, para ser reformada. A ideia original era ser um hotel dedicado a atrair interessados na pesca, mas a estrutura depois de reformada, foi transportada para as proximidades

da Ilha de Mabul (figura 26) uma pequena ilha na costa Sudeste de Sabah, situada no mar de Celebes, perto da Ilha de Sipadan, um dos melhores lugares do mundo para a prática do mergulho.

FIGURA 26: SEAVENTURES DIVE RESORT, COM A ILHA DE MABUL AO FUNDO.



Fonte: <https://travel.padi.com/dive-resort/malaysia/seaventures-dive-rig/>

A estrutura está em sua localização atual desde 1997 e a área, desde 2006, faz parte de um parque nacional, com restrições à visitação. Então mesmo o hotel tendo capacidade para 50 hóspedes só tem direito a 11 permissões por dia, pois as 120 permissões de visitação diárias devem ser divididas entre todos os hotéis do parque (RUSHKULT, 2012).

Ser o único hotel instalado em uma antiga plataforma de petróleo tornou o empreendimento um dos mais populares resorts turísticos do mundo, contando com 25 acomodações divididas entre quartos com cama de casal (figura 27) ou duas de solteiro, com banheiro, ou quartos com dois beliches, com banheiros compartilhados no corredor.

FIGURA 27: QUARTO COM CAMA DE CASAL.



Fonte: <https://seaventuresdive.com/>

O antigo heliponto da plataforma foi transformado em um deck (figura 28) onde os hóspedes podem apreciar a vista das ilhas do mar de Celebes e o pôr-do-sol. Ainda alguns elementos

da antiga utilização continuam em uso, como os geradores para o suprimento de energia elétrica, o abastecimento de combustível, água potável e o tratamento de esgotos.

FIGURA 28: DECK.



Fonte: <https://travel.padi.com/dive-resort/malaysia/seaventures-dive-rig/>

No hotel, o foco principal é o mergulho, atraindo praticantes de diversos países, e, para que os hóspedes não precisem trazer seus próprios equipamentos nas malas, o hotel conta com todos os equipamentos disponíveis para aluguel,

contando também com oficina para manutenção dos equipamentos. O hotel dispõe de um elevador (figura 29) para levar os mergulhadores até o mar, funcionando também para o embarque/desembarque dos hóspedes.

FIGURA 29: ELEVADOR SUBMERSO



Fonte: <https://seaventuresdive.com/>

As instalações do hotel incluem também área para refeições, cozinha, depósitos, alojamento de funcionários, salão de jogos, academia, loja, bar, sala de conferências, sala de massagens, escritório, banheiros compartilhados e sala para carregamento de câmeras fotográficas.

O Seaventures é um exemplo de sucesso na ressignificação de plataformas descomissiona-

das, com 24 anos em funcionamento como hotel e já tendo recebido centenas de visitantes. A estrutura ainda vai continuar em uso por tempo indeterminado. A ressignificação de plataformas reduz os custos e riscos do descomissionamento, além de preservar a vida marinha que se instala na jaqueta, sendo entre 40 e 50 vezes mais abundante do que no ambiental natural (CERQUEIRA, 2019).

3.2.3.5 SpaceX – Plataformas descomissionadas convertidas em bases de lançamento de foguetes

Com a desmobilização de várias plataformas de petróleo ao redor do mundo, motivada pelo fim do ciclo de vida destas instalações ou pelas estratégias de negócio, tem se tornado uma boa oportunidade o aproveitamento destas estruturas em outras atividades. Neste sentido a SpaceX, empresa privada de exploração aeroespacial, adquiriu duas plataformas de perfuração de petróleo do modelo SS, que tem como característica construtiva seus conveses (decks) serem apoiados por colunas em flutuadores, ficando parte desta estrutura submersível.

A SpaceX, que tem como CEO ElonMusk, divulgou através do *Twitter* uma concepção (figura 30) de como uma das plataformas *offshore* ficará depois de ressignificada como base para lançamentos e pousos de foguetes. Com estas estruturas a empresa procura garantir a infraestrutura necessária para sua pretendida frota de foguetes *Starship*, que farão trajetos interplanetários, transportando pessoas e materiais para a Lua, Marte e a Estação Espacial Internacional. Outra pretensão da empresa é fazer deslocamentos dentro do nosso planeta, interligando assim pontos distantes em poucos minutos, em um modelo de negócio parecido à aviação comercial.

FIGURA 30: SPACEPORT DEIMOS.



Fonte: Inverse (2021)

Para a resignificação como base de lançamento de foguetes, a utilização de plataformas semisubmersíveis se mostra a melhor opção, pois elas podem ser deslocadas para áreas distantes de centros urbanos, mitigando desta maneira os efeitos das ondas sonoras causadas pelo funcionamento dos motores. Além disso, a vantagem de que as plataformas poderão ser transportadas para latitudes próximas ao Equador, economizando desta maneira o combustível utilizado nos foguetes lançados para voos geoestacionários.

A aquisição das duas plataformas foi um passo muito importante para que a SpaceX alcance seus objetivos. As plataformas foram adquiridas pelo valor de 3,5 milhões de dólares cada uma, da Valaris, empresa de perfuração *offshore* sediada em Houston, que estava em processo de falência na época da venda das plataformas. Antes de sua compra, estas plataformas eram denomina-

das ENSCO 8500 e ENSCO 8501, pertencente a uma série de plataformas cuja principal característica técnica é um convés principal (*maindeck*) que mede 240 pés (73m) de largura e 255 pés (83m) de comprimento. Em caráter comparativo, o foguete *Starship* medirá cerca de 30 pés (9m) de diâmetro e, quando posicionado sobre o poderoso impulsor *SuperHeavy*, o sistema de lançamento terá cerca de 394 pés (120m) de altura (INVERSE, 2021).

As plataformas foram renomeadas como Phobos e Deimos, em homenagem às duas luas de Marte. A plataforma de lançamento Phobos (figura 31), já se encontra na empresa de construção e reparo de navios ST Engineering Halter Marine & Offshore Inc, localizada em Pascagoula, no Mississippi, trabalhando na primeira etapa do projeto, que é a remoção dos equipamentos de perfuração (NOLA, 2021).

FIGURA 31: SPACEPORT PHOBOS.



Fonte: Nola (2021)

A plataforma Deimos (figura 32) encontra-se no porto de Brownsville, Texas, recebendo a reforma necessária. A expectativa de Elon

Musk é ter pelo menos uma dessas plataformas de lançamento pronta para operações em 2022.

FIGURA 32: SPACEPORTDEIMOS



Fonte: <https://www.nasaspaceflight.com/2021/01/spacex-rigs-starship-spaceports/>

3.2.3.6 Conceitos de arquitetos e designer para ressignificar plataformas como hotéis ou habitações

No Golfo do México existem aproximadamente quatro mil plataformas de petróleo de diversos tipos, que serão desativadas neste século. As plataformas fixas são as estruturas que trazem grandes desafios, com maiores custos e riscos nas atividades de descomissionamento. Considerando este tipo de plataforma, a Morris Architects, uma empresa de arquitetura e design com sede em Houston, desenvolveu o conceito Oil Rig Resort para ressignificar estas estruturas como hotéis (figura 33).

Com este conceito, o escritório ganhou o primeiro prêmio no *Radical Innovation in Hospitality*, competição entre designers para inovar a indústria da hospitalidade. A equipe de design da Morris sugere aproveitar as vantagens de se reutilizar plataformas petrolíferas, que deverão ser descomissionadas, e transformá-las em uma experiência de hotel de alto padrão sustentável.

O Oil Rig Resort contará com 300 quartos, instalações para conferências, spa, academia, restaurantes, grande salão de baile, entretenimento noturno, cassino, piscina, lojas e heliporto (figura 34). Um resort de luxo que oferecerá muitas comodidades, incluindo passeios de barco, mergulho com snorkel e esportes aquáticos.

FIGURA 33: PROJETO MORRIS ARCHITECTS.



Fonte: <http://www.paulbaut.com/?/prof-projects/Oil-Rig-Resort/>

FIGURA 34: PROJETO MORRIS ARCHITECTS.



Fonte: <http://www.paulbaut.com/?/prof-projects/Oil-Rig-Resort/>

Há também a possibilidade de se viver em uma antiga plataforma de petróleo, como os designers malasianos Ku Yee Kee e Hor Sue-Wern estão explorando, acima e abaixo do nível do

oceano, sendo a principal ideia a preservação e ressignificação destas estruturas, transformando-as em centros habitáveis (figura 35).

FIGURA 35: PROJETO KU YEE KEE E HOR SUE-WERN



Fonte: <https://inhabitat.com/abandoned-oil-rigs-reborn-as-bustling-aquatic-villages/>

A população em geral poderia viver acima do nível da água, enquanto pesquisadores especializados, como biólogos marinhos, trabalhariam em laboratórios subaquáticos, sendo a zona intermediária utilizada para áreas residenciais e recreativas.

Este conceito utilizará fontes de energias renováveis, criando um habitat urbano com recursos de sustentabilidade, como turbinas eólicas e geradores de energia das marés. Comunidades de

plataformas de petróleo como essas poderiam permanecer razoavelmente sustentáveis e contar potencialmente com centenas de habitantes.

Outro conceito vem das Maldivas (figura 36), uma pequena nação localizada a cerca de 600 quilômetros do sudoeste da Índia, com uma população de aproximadamente 530 mil pessoas espalhadas por 203 das 1.196 ilhas da região. Um verdadeiro paraíso com areias brancas e água verde azulada, por enquanto.

FIGURA 36: ILHA DE MALÉ, CAPITAL DAS MALDIVAS.



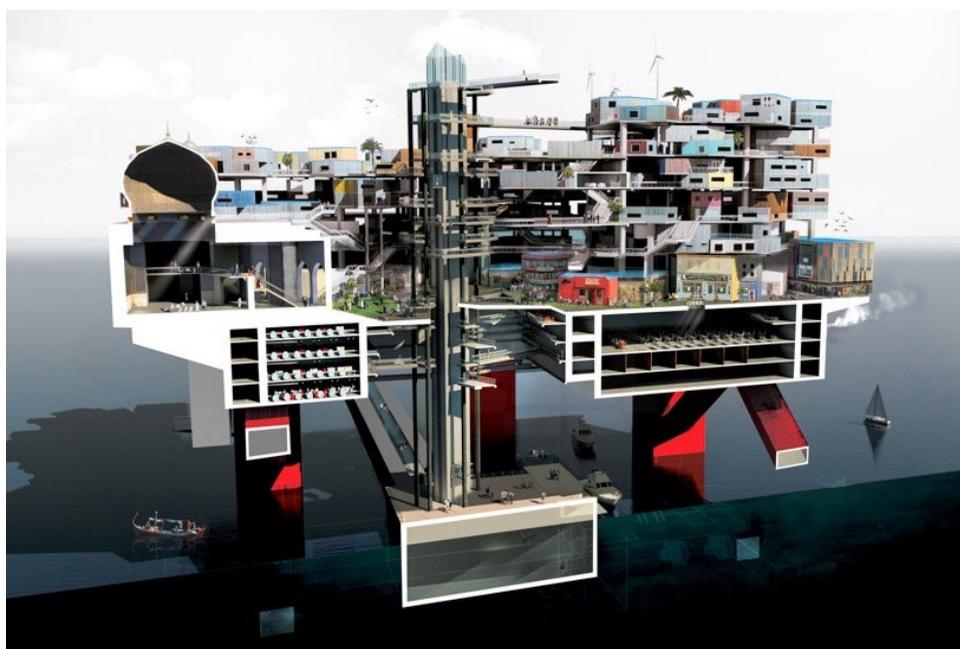
Fonte: <https://www.archdaily.com/634314/a-country-of-converted-oil-rigs-is-this-how-to-save-the-maldives>

Mesmo sob as previsões mais conservadoras do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês), devido à baixa altitude da República das Maldivas, ela se tornará quase inabitável com o aumento do nível do mar. É uma ameaça existencial como nenhuma outra, pois em apenas dez anos o governo das Maldivas poderá se deparar com

decisões sobre como lidar com mais de 500 mil refugiados.

Haja vista a inevitável realocação do povo e da cultura maldivas, o arquiteto Mayank Thammalla, da Unitech Institute of Technology, em Auckland, Nova Zelândia, criou o projeto intitulado "Swim or Sink" ("Nadar ou Afundar") (figura 37).

FIGURA 37: SWIM OR SINK - CONCEITO DO ARQUITETO MAYANK THAMMLLA.



Fonte: <https://www.designboom.com/architecture/mayank-thammalla-sink-or-swim-project-05-15-2015/>

Este conceito também gira em torno da resignificação de plataformas de petróleo semissubmersíveis para habitação humana permanente. Thammalla estudou intensamente a história cultural e o estilo de vida dos residentes de Malé, a capital dos atóis, para dar aos refugiados uma sensação de família-

ridade. Na plataforma principal, ele imaginou um espaço idêntico ao centro da cidade com atributos históricos, como locais de culto, juntamente com qualidades mais cotidianas, como mercados e lojas. A figura 38 mostra como ficariam as plataformas instaladas com relação à Ilha de Malé.

FIGURA 38: ELEVAÇÃO VIRTUALIZADA ENTRE MALÉ, TAL COMO EXISTE ATUALMENTE, E AS PLATAFORMAS PROPOSTAS.



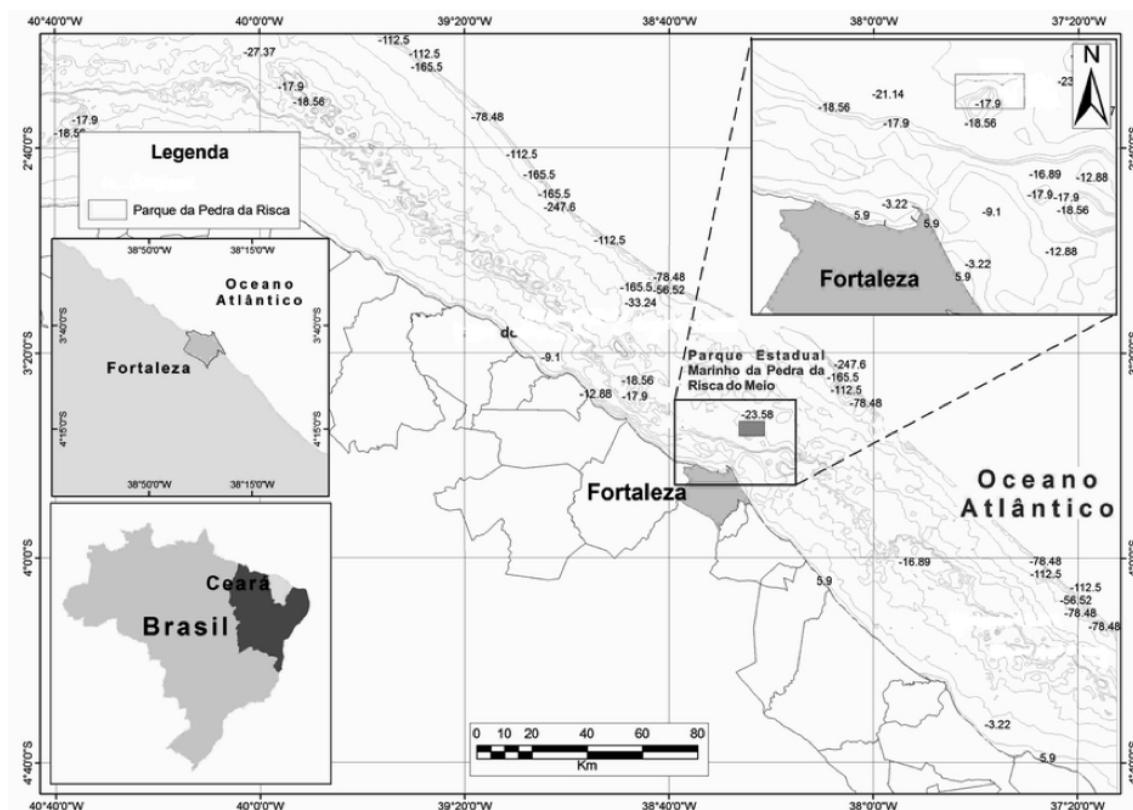
Fonte: <https://www.archdaily.com/634314/a-country-of-converted-oil-rigs-is-this-how-to-save-the-maldives>

O projeto não leva em consideração os fatores econômicos envolvidos com tal proposição, mas é justamente o valor que oferece o maior desafio para este projeto. Contudo, o povo maldivo precisa de uma solução viável para manter sua posição geográfica no planeta, utilizando de tecnologias já existentes, como plataformas de petróleo semissubmersíveis. A cultura oceânica de dois mil anos pode ser potencialmente salva sem a necessidade de uma migração em massa.

No Brasil, um conceito de ressignificação de

plataformas descomissionadas foi desenvolvido por um arquiteto do Ceará, Geraldo Magela Moraes, da Projec, empresa especializada em bioconstrução. A ideia, ainda está em fase de concepção e de estudo de viabilidade, é adaptar e ressignificar uma plataforma, por meio de uma Parceria Público Privada (PPP) entre empresa de mergulho, de hotelaria e o Governo do Ceará, para ser a Base de Monitoramento Ambiental do Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio, a única unidade de conservação marinha do estado do Ceará (figura 39).

FIGURA 39: LOCALIZAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL MARINHO DA PEDRA DA RISCA DO MEIO.



Fonte: Soares et al. (2011)

Na área do parque é permitido o turismo subaquático, sendo o principal destino desse tipo de turismo no estado do Ceará por apresentar uma grande biodiversidade de peixes e invertebrados, com empresas de mergulho levando turistas para a prática do mergulho autônomo. O acesso ao parque é feito através de embarcações que partem do Porto de Mucuripe, em Fortaleza, e levam aproximadamente 50 minutos para chegar ao parque (SEMACE, 2010).

Além da base de monitoramento, a plataforma também comportaria um hotel charme de aventura, uma área para cursos e turismo de mergulho, e uma base para apoio a pesquisa do Labomar, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (UFC), e do curso de Oceanografia. Além do acesso por

mar, o projeto conta com um heliponto para os turistas que queiram fazer um passeio aéreo e para emergências.

O andamento do projeto foi interrompido pela pandemia da Covid-19, devido aos impactos no mercado de hotelaria. Porém o principal investidor, o governo do Ceará e a UFC mantêm o interesse na implantação do projeto.

Outro conceito de ressignificação no Brasil vem do estado de Sergipe, onde um grupo de profissionais de várias especialidades estuda a criação de uma atração turística na cidade de Aracaju, o Parque dos Peixes, que consistirá em um arquipélago artificial distante 2 km da orla da Praia de Atalaia (figura 40), e um teleférico para facilitar o acesso às instalações.

FIGURA 40: LOCALIZAÇÃO PROPOSTA PARA O PARQUE DOS PEIXES.



Fonte: Adaptado de Google Earth

O empreendimento será desenvolvido por meio de uma PPP para ajudar no crescimento do turismo da cidade e do estado. A ideia é ter áreas públicas para visitação, lojas, restaurantes, uma instalação do projeto Tamar, parque temático/aquático e um resort.

A parte submersa da estrutura formar  um recife artificial, em uma área onde praticamente não existem recifes naturais, e servirá para atrair a vida marinha e criar um ambiente protegido para a proliferação das espécies. Nessa parte estão sendo imaginados ambientes submersos como quartos para o resort e um observatório do ambiente marinho pelo projeto Tamar.

Para as estruturas acima da superfície está sendo considerada a utilização de *topsides* de plataformas descomissionadas adquiridos de empresas petroleiras com instalações nesse estágio da vida útil. As estruturas serão interligadas por passarelas e nesse espaço entre os *topsides* serão instalados os brinquedos do parque e outros equipamentos.

Além de criar uma atração turística e contribuir para o desenvolvimento socioambiental da região, o projeto também visa contribuir para o desenvolvimento da indústria naval do país, com o fornecimento de novas estruturas e com a adaptação dos *topsides*, além de criar uma periodicidade de atividades com as futuras ampliações das instalações e com as manutenções.

O conceito, entretanto, ainda está em seus estágios iniciais, com estudos das legislações e resoluções. Após a conclusão desses estudos vai ter início a busca pelas autoridades locais e pelos futuros investidores.

Ao redor do mundo, há inúmeros exemplos de como tratar de maneira sustentável os resíduos provenientes do descomissionamento e, como apresentado, dar um novo significado a estas estruturas pode ser uma opção viável, desde recifes artificiais, até hotéis de luxo, passando pela reinserção deste material na cadeia produtiva, como bases para turbinas eólicas. Esta pode ser uma grande opção para um futuro mais benéfico, sustentável, voltado para a economia circular e para a mitigação e adaptação às mudanç as climáticas.

4

CAPÍTULO

Lições aprendidas

As práticas de descomissionamento vêm evoluindo nos últimos anos em diversos países, inclusive no Brasil, ainda que de maneira mais lenta, à medida que projetos tecnologicamente mais complexos vêm sendo descomissionados.

Para o sucesso da operação, é de suma importância o planejamento adequado de toda a cadeia do processo de descomissionamento, de modo que haja possibilidade de retorno dos investimentos realizados, uma vez que a atividade de abandono de instalações envolve custos altos e, muitas vezes, é vista como bastante onerosa para a indústria petrolífera. É fundamental que o Brasil busque assimilar os pontos positivos das experiências internacionais, bem como seja capaz de criar sua própria dinâmica de aprendizado, visando um aperfeiçoamento contínuo da regulação e práticas de descomissionamento. Nesse sentido, a resolução nº 817/2020 da ANP representa um passo à frente na busca por uma unidade regulatória.

Muitos países com processos de regulamentação adiantados, como o caso do Reino Unido, devem tal avanço às atividades de descomissionamento no Mar do Norte. Estas atividades comportam a complexidade das plataformas e os entraves ambientais específicos, não só para as operadoras, como também para a legislação determinada

pelos órgãos responsáveis do país. Então, apesar da legislação internacional ter sido norteadora para uma regulamentação, não é suficiente para o tamanho da atividade de descomissionamento. No Reino Unido, por exemplo, dois órgãos são responsáveis por avaliar os aspectos de custo e alternativas de uso: OGA – *Oil and Gas Authority* e BEIS – *Department for Business, Energy & Industrial Strategy*. No que diz respeito aos aspectos ambientais e de segurança, o Programa de Descomissionamento é encaminhado pelo BEIS ao seu órgão interno *Offshore Petroleum Regulator for Environment & Decommissioning* (OPRED) e à agência reguladora para saúde e segurança do trabalho, a *Health & Safety Executive* (HSE), para comentários.

Além dos aspectos técnicos, também é necessária uma grande difusão do conhecimento. No Brasil, por exemplo, tem-se o enorme desafio no *offshore* com a alta complexidade do Pré-sal brasileiro, que nos coloca em atenção para uma discussão e ação rápidas sobre o descomissionamento. Algumas lições englobam a análise por

vários segmentos, de forma ampla, sendo uma importante ferramenta para o processo decisório. Tal ferramenta já era utilizada por outros países para definir as atividades do descomissionamento e vem sendo utilizada de maneira satisfatória no Brasil.

Em relação ao desmantelamento e gestão de resíduos é muito importante se voltar para a grande cadeia logística reversa que pode se formar neste mercado. O processo de reaproveitamento de sucatas ferrosas, assim como a reutilização de materiais que sobram das embarcações, constitui um mercado gigante para os resíduos de embarcações. A empresa canadense MRC, por exemplo, trabalha com o processo de reciclagem de embarcação e disponibiliza uma série de equipamentos de segunda mão para serem revendidos. Tal ideia pode ser replicada no Brasil fomentando o mercado e contribuindo para a reutilização de equipamentos. É possível aproveitar o potencial dos estaleiros brasileiros como instalações certificadas para desmonte e restauração de plataformas, bem como os diversos projetos de engenharia para a reutilização de estruturas *offshore* (SANTIAGO, 2020).

O desenvolvimento da indústria e as inovações relacionadas ao descomissionamento provocam mudanças de paradigmas, trazendo inúmeras possibilidades. Os casos e as alternativas citados anteriormente com relação às práticas sustentáveis são exemplos dessas novas perspectivas, por isso é relevante estudar os projetos já adotados em outros países para vislumbrar o futuro do descomissionamento no Brasil. Os programas de *Rigs-to-reef* apresentados possuem grande aplicabilidade em território brasileiro e constituem uma alternativa interessante para a retirada dos equipamentos, já que, deste modo, a vida marinha é preservada (IBP, 2017). Além disso, o monitoramento pós-descomissionamento é uma tarefa que deve ser realizada para acompanhar a recuperação da área e observar os reais impactos da atividade de óleo e gás no leito marinho, para que assim se possa propor medidas que mitiguem os danos ambientais. Outro exemplo interessante citado é a conversão de estruturas de plataformas em torres eólicas (QUISSANGA *et al.*, 2020). Alguns desses projetos podem parecer um pouco distantes da realidade brasileira, mas não são impossíveis de serem adotados, se forem estudados os exemplos internacionais já aplicados.

5

CAPÍTULO

Conclusão

O descomissionamento no Brasil ainda pode ser considerado um processo novo e em consolidação. Tanto as empresas, como os órgãos reguladores têm trabalhado para fincar as bases do descomissionamento no país, definindo suas regulações e procedimentos.

Nessa definição, é necessário levar em conta os aspectos sociais, econômicos e ambientais para avaliar, junto a diferentes agentes envolvidos, as opções de descomissionamento, como remoção completa, parcial e tombamento no local, que oferecem o mínimo de danos.

O desmantelamento, atividade que se refere ao desmonte dos navios, ainda carece de regulações, dificultando a adesão ao mercado. O Brasil possui grandes estaleiros e possui capacidade de suprir essas atividades, no entanto, é necessário um trabalho conjunto entre os estaleiros e o governo para que tal atividade venha a ser desenvolvida atendendo às especificações das organizações internacionais.

Além disso, o processo de recuperação ambiental ainda deve ser muito discutido a fim de proporcionar medidas eficazes de recuperação de áreas exploradas durante a produção de óleo. As definições acerca do que seria a recuperação ambiental e de como esta deve ser realizada são muito genéricas, portanto, um aprofundamento do tema se faz necessário por parte do órgão ambiental.

Apesar das discussões acerca do descomissionamento e sobre os impactos associados ainda serem embrionárias no Brasil, nota-se que essa já é uma preocupação real dos órgãos reguladores e das empresas. Em busca de atender os anseios por um mundo mais sustentável, a ANP por meio da Resolução nº 817/2020, estabeleceu como obrigatório o desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão de responsabilidade social e sustentabilidade aderente aos 17 ODS da ONU, tal medida mostra o comprometimento do órgão regulador e do país em desenvolver uma indústria de descomissionamento social e ambientalmente responsável.

Entre as opções sustentáveis e eficientes para lidar com o descomissionamento, algumas merecem destaques, são elas, reutilização, reciclagem e resignificação. O processo de reutilização de estruturas *offshore* é uma ótima opção para um descomissionamento sustentável.

Atualmente, com o grande potencial eólico que a região Nordeste oferece, as estruturas provenientes do descomissionamento podem ser adapta-

das para a construção de torres eólicas, alternativa que tem se tornado cada vez mais frequente no mundo e tem se mostrado viável financeiramente. Merece destaque também, a criação dos recifes artificiais, muito implementados no Golfo do México, e que pode se constituir em interessante alternativa de descomissionamento para o nosso país. O Brasil possui grandes possibilidades para a adoção deste tipo de programa de reaproveitamento de estruturas *offshore*, visto que uma considerável parte de suas plataformas é fixa, o tipo de plataforma ideal para *Rigs-to-reef*.

Quanto às responsabilidades e garantias, nota-se que a ANP também está atenta, visto que já foi apresentada uma Minuta de Resolução

que estabelece os procedimentos para apresentação de garantias financeiras referentes ao descomissionamento de instalações de campos de produção de petróleo e gás natural. No entanto, as definições e procedimentos ainda são recentes e não se sabe se a proposta atenderá aos objetivos.

Por fim, nota-se que as várias questões referentes ao descomissionamento já estão sendo discutidas. Espera-se que haja um alinhamento e que as lacunas ainda existentes possam ser preenchidas. Uma regulação concisa e transparente, ajuda no desenvolvimento do descomissionamento e traz adequação para que o processo venha a ser realizado de maneira responsável.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS:

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Resolução ANP nº 817 de 24.04.2020**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-817-de-24-de-abril-de-2020-254001378>> Acesso em: 04/11/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Extensão de vida útil e Descomissionamento no Brasil – Desafios, Oportunidades e a Regulação do Setor**. Rio de Janeiro. Apresentação ppt. 2019a. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/arquivos/raphael_moura_-anp_fgv_decom_ago_2019.pdf> Acesso em: 17/11/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Nota técnica nº 004/2018/SDP - ANP**. 2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/n9/Nota_Tecnica-004-Regulamentacao_do_incentivo_de_reducao_de_royalties_sobre_a_producao_incremental_em_Campos_Maduros.pdf> Acesso em: 17/11/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Descomissionamento – Perguntas Frequentes, 2020**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/perguntas/386-agente-economico/descomissionamento/5930-descomissionamento>>. Acesso: 13/11/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Painel Dinâmico de Descomissionamento de Instalações de Exploração e Produção**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNGFIZDI4MDAtZDJhNi00MGYyLWZjMzAtNTBkMDVjOTg1NzY0IiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTUyYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection65e3c25239431311238c>> Acesso em: 06/03/2021.

AHIAGA-DAGBUI, D. D.; LOVE, P. E. D.; WHYTE, A. BOATENG, P. **Costing and technological challenges of offshore oil and gas decommissioning in the UK North Sea**. ASCE Journal of Engineering and Construction Management. 2017.

AHMED, T. 2010. **Reservoir Engineering Handbook, 4º Ed.** Gulf Professional Publishing.

ALBUQUERQUE, R. S. **Descomissionamento de plataformas de petróleo offshore: revisão sistemática.** Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

AMORIM, T. O. **Plataformas Offshore: uma breve análise desde a construção ao descomissionamento.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2010.

ANTONIO, Victor José de Oliveira. **Análise da Viabilidade Econômica do Desmonte de Petroleiros, Aliviadores e FPSOs no Brasil.** 2019.

APAM LN, **Diagnóstico Técnico – Ecossistemas – Recifes artificiais**, cap. 3.2.4. 2020

Asia Diving Vacation. Recycling an oil platform into a one-of-a-kind dive resort – The Seaventures Dive Rig. 2012. Disponível em: <https://asiadivingvacation.com/blog/recycling-an-oil-platform-into-a-one-of-a-kind-dive-resort-the-seaventures-dive-rig>. Acesso em: 30/08/2021.

BARCLAY, I.; PELLENBARG, J.; TETTERO, F.; PFEIFFER, J.; SLATER, H.; STAAL, T.; WHITNEY, C. (2001). **The Beginning of the End: A Review of Abandonment and Decommissioning Practices.** Oil Field Review, 28-41.

BARROS, J. C.; FERNANDES, G. C.; MIGUEL SILVA, M.; DA SILVA, R. P.; SANTOS, B. **Fixed Platforms at Ageing Oil Fields - Feasibility Study for Reuse to Wind Farms.** 2017.

BASEL CONVENTION. **Ship Dismantling, 2011.** Disponível em: <<http://www.basel.int/Implementation/ShipDismantling/Overview/tabid/2762/Default.aspx>> Acesso em: 05/04/2021.

BITTAR, L.; MODESTO, N. **O uso da avaliação comparativa para a tomada de decisão em projetos de descomissionamento de instalações offshore**, 2019.

BSSE – Bureau of Safety and Environmental Enforcement. **DECOMMISSIONING and rigs to reefs in the gulf of Mexico.**, 2020. Disponível em: <<https://www.bsee.gov/what-we-do/environmental-focus/programs/rigs-to-reefs>>Acesso em: 15/11/2020.

BULL, A. S.; LOVE, M. S. **Worldwide oil and gas platform decommissioning: A review of practices and reefing options**, p.275-288. 2019.

CARRETEIRO, R. (2019). **O desmantelamento de navios na economia circular.** Disponível em: <https://petroleohoje.editorabrasilenergia.com.br/ronald-carreteiro-o-desmantelamento-de-navios-na-economia-circular/>. Acesso em: 15/11/2020.

CARRETEIRO, R. **Descom Week Day 1 [Webinar].** Sobena. Transmitido em 04 de agosto de 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=31AXd2A3JA4&t=492s>> Acesso em: 01/04/2021.

CERQUEIRA, Merelyn. **SeaventuresDive Resort: o hotel da Malásia que também é uma plataforma de petróleo.** *Jornal Ciência*, 2019. Disponível em: <https://www.jornalciencia.com/seaventures-dive-resort-o-hotel-da-malasia-que-tambem-e-uma-plataforma-de-petroleo/>. Acesso em: 13/01/2021.

COUTINHO, L. **Mapeamento e Avaliação Preliminar da Duração das Principais Etapas do Processo de Descomissionamento de um FPSO.** Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2019.

CRUZ, D. S.; SANTOS, J. V. M. **Tendências do descomissionamento de plataformas marítimas no Brasil.** 2019. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

DECOM NORTH SEA, **Decommissioning in the North Sea.** Review of Decommissioning Capacity, p.62-72, 2014.

DELGADO, Fernanda. Apresentação em tema **“Importância de discutir o Descomissionamento no Brasil”.** Seminário Descomissionamento no Brasil: oportunidades e desafios. Agosto de 2019. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/arquivos/fernanda_delgado_fgv_energia.pdf> Acesso em: 30/10/2020.

DESTRI, M. **Estimativa de custos para descomissionamento no Brasil.** EPBR, out, 2018. Disponível em: <<https://epbr.com.br/estimativa-de-custos-para-descomissionamento-no-brasil-por-mauro-destri/>>. Acesso em: 15/11/2020.

DIAS, R., 2011. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade.** 2. ed. São Paulo: ATLAS S.A.

ELLWANGER, K.; NASCIMENTO, E. A.; MOHAMMADI, S. F.; GALGOUL, N. S. **Regulations and Cost Estimation for the Decommissioning of a Sample Fixed Offshore Platform in Brazil.** *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS.* v. 16, n.5, p. 69 – 81. Out. 2016

FGV ENERGIA, **Descomissionamento Offshore no Brasil: oportunidades, desafios e soluções.** Janeiro de 2021. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_de_descomissionamento_rev4_3_ok.pdf> Acesso em 08/02/2021.

FURTADO, R.; BERNABÉ, P. A.; LOUREIRO, A. B. A. **Descomissionamento offshore no Brasil.** *TN Petróleo.* v. 122, p. 42-49. dez. 2018.

GASPARONI, G. A. X. 2014. **A geopolítica do desenvolvimento sustentável: um estudo sobre a conferência do Rio de Janeiro (RIO-92).** Universidade Federal do Rio Grande Do Sul – UFRGS.

GUIMARÃES, M. A. C.; FIGUEIREDO, N. M. de. **Análise de Demanda da Construção Naval.** 2019.

HAMZAH, B. A. **International rules on decommissioning of offshore installations: some observations.** *Marine Policy*, v. 27, n. 4, p. 339-348, 2003.

IBP. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. **Regulação do Descomissionamento e seus Impactos para a Competitividade do Upstream no Brasil- Cooperação e Pesquisa IBP – UFRJ.** 62p. 2017.

Interagency Decommissioning Working Group (IDWG), 2019. The 1999 IDWG Action Plan. Disponível em: <<https://www.coastalresearchcenter.ucsb.edu/cmi/files/IDWGRecommendations.pdf>> Acesso em: 27/12/2021

IHS Markit. **Decommissioning of Aging Offshore Oil and Gas Facilities Increasing Significantly, with Annual Spending Rising to \$13 Billion by 2040.** IHS Markit Says, nov. 2016. Disponível em: <https://news.ihsmarkit.com/prviewer/release_only/slug/energy-power-media-decommissioning-aging-offshore-oil-and-gas-facilities-increasing-si> Acesso em: 14/11/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução Normativa nº 28 de 24.12.2020.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-28-de-24-de-dezembro-de-2020-296444001>> Acesso em 30/08/2021.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **IMO Resolution A.672 (16) 19.10.1989.** Disponível em: <<https://cil.nus.edu.sg/wp-content/uploads/formidable/18/1989-Guidelines-and-Standards-for-the-Removal-of-Offshore-Installations-and-Structures-on-the-Continental-Shelf-and-in-the-Exclusive-Economic-Zone.pdf>> Acesso em: 05/11/2020.

Inverse. **New ocean spaceport reveals SpaceX's next chapter.**, 2021. Disponível em: <https://www.inverse.com/innovation/spacex-starship-ocean-spaceport>. Acesso em: /06/ 2021.

Kongsberg. **Rig move: towing & tugging**, 2020. Disponível em: <https://www.kongsberg.com/digital/models-and-examples/k-sim-offshore-solutions/rig-move-towing--tugging/>. Acesso em: 28/12/2021

Nola. **How an oil rig off the Mississippi coast could help Elon Musk's SpaceX launch ships to Mars.**, 2021. Disponível em: https://www.nola.com/news/business/article_0af1a9b6-c46a-11eb-ab52-af45141d82c6.html. Acesso em: 31/08/2021.

LIMA, L. M.; SANTOS, I. C. A. B. A.. **O manejo do coral sol como espécie invasora no descomissionamento de ativos offshore.** In: III CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. Salvador, BA. 2018.

MACHADO, C. et al. **O processo de licenciamento ambiental e a fase do descomissionamento da indústria de petróleo no Brasil.** 2013.

MACHADO, Carlos José; VILANI, Rodrigo. **O novo marco regulatório brasileiro para a exploração das reservas petrolíferas do pré-sal**. Revista da Faculdade Brasília a. 49 n. 196 out./dez. 2012 203 de Direito da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 1, n. 56, p. 101-138, jan./jun. 2010.

MARIANO, J. B. **Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas offshore**. 2007. 571f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MARTINS, C. F. **O descomissionamento de estruturas de produção offshore no Brasil**. 2015. 42f. Monografia (Especialista em Engenharia de Campo SMS) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

MEENAN, P. A. **Technical Aspects of Decommissioning Offshore**. s.l.: SPRINGER-VERLAG, 1998, Decommissioning Offshore Structures, 1998.

MENDES, A. P. A et al. **Produção de petróleo terrestre no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v. 25, n. 49, p. [215]-264, mar. 2019.

MOURA, R. **Descomissionamento no Brasil pela ótica do regulador - ouvindo a ANP [Webinar]**. FGV Energia. Disponível em: <<https://youtu.be/nRqQjteSBEc>>. Acesso em: 10/12/2020.

MOURA, R. **Resolução ANP nº 817/2020 [Webinar]**. IBP. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7NUc_Kho1J8>. Acesso em: 10/11/2020.

NGO SHIPBREAKING PLATFORM, **Decommissioning of North Sea Floating Oil and Gas Units**. Recycling Outlook, p.7-31, 2019.

OFFSHORE. **INDUSTRY WEIGHS REUSE OF PLATFORMS**. Publicado em 01 de outubro de 2002. Disponível em: <<https://www.offshore-mag.com/home/article/16759667/industry-weighs-reuse-of-platforms>> Acesso em: 01/11/2020.

OLIVEIRA, B. **Desfazendo Mitos Sobre a Atuação do Órgão Ambiental**. Apresentação PPT. Seminário IBP – Regulação do Descomissionamento e seus Impactos para a Competitividade do Upstream no Brasil. Rio de Janeiro. 2020

ONU. **Desenvolvimento sustentável**, 2020. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>> Acesso em: 18/10/2020.

Rushkult. **How about scuba diving from a repurposed oil rig?.**, 2012. Disponível em: <<https://rushkult.com/eng/scubamagazine/how-about-diving-from-a-repurposed-oil-rig/>>. Acesso em: 30/08/2021.

SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio., 2010. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/parque-estadual-marinho-da-pedra-da-risca-do-meio/>. Acesso em: 31/08/2021.

PEREIRA, N. **Descom Week Day 2 [Webinar]**. Sobena. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=PDB7JKv5F-I&t=1982s>> Acesso em: 18/10/2020.

PETROBRAS. **Programa de Descomissionamento de Instalações Marítimas**. 2020. Disponível em:<<http://www.anp.gov.br/arquivos/seguranca-operacional/descomissionamento/PDI-Executivo-FPSO-P-32.pdf>>Acesso em: 22/11/2020.

PLISSON-SAUNE, S., BEYER, J., MOLTU, U. E., PINTURIER, L., SUNDT, R., BERLAND, H., & BJORNSTAD, A. **Environmental Assessment After Decommissioning At The Offshore North Sea - Froy Oil Production Site: A New Field Proven Methodology**. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/94064-MS. 2005

PRADO, D., **Desmobilização de Dutos em Sistemas Marítimos de Produção de Petróleo: Uma Proposta de Método de Suporte ao Planejamento**. Dissertação de Mestrado. Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

P&Q Engenharia Jr. (2021) **Seis tipos de plataformas petrolíferas que você provavelmente já viu e não sabe**. Disponível em: <https://peqengenhariajr.com.br/plataforma-petrolifera/> Acesso em: 10/09/2021.

QUISSANGA, V. M.; DO NASCIMENTO, E. A.; GALGOUL, N. S. **Estudo de viabilidade para a reutilização de plataformas offshore fixa como subestrutura de torres eólica**. 2020.

RAMOS, R., **Análise de risco no descomissionamento de dutos rígidos submarinos** – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

GETECH GROUP. **REDUCE, REUSE, RECYCLE – DECOMMISSIONING OIL PLATFORMS**. Storymaps, Disponível em: <<https://storymaps.arcgis.com/stories/7aba78f248974880aee990e6f08a7c39>> Acesso em: 05/11/2020.

RODRIGUES, A. **Desmantelamento de Navios**. Dissertação. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2008.

RUIVO, F. M. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore**. 2001. 181 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo) – Universidade de Campinas, 2001.

SANTIAGO, A. **Descom Week Day 2 [Webinar]**. Sobena. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=PDB7JKv5F-I&t=1982s>> Acesso em: 22/11/2020.

SCHULER, Mike. **Oil Rig Resort – Reusing decommissioned oil rigs in Gulf of Mexico**. Gcaptain, 2009. Disponível em: <https://gcaptain.com/oil-rig-resort-reusing-decommissioned-oil-rigs-in-gulf-of-mexico/>. Acesso em: 04/09/ 2021.

SHELL INTERNATIONAL LIMITED, Brent Spar Dossiê, p. 4-14. 2008.

SHELL U. K. LIMITED. Brent Delta Topside Decommissioning Programme, 2015. Disponível em: https://www.shell.co.uk/sustainability/decommissioning/brent-field-decommissioning/brent-delta-topside-decommissioning-programme/_jcr_content/par/textimage.html. Acesso em: 23/12/2021.

SILVA, L. da. **Análise Modal e Controle de Plataformas Offshore Sujeitas a Perturbações Persistentes**. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2014.

SILVA, R. S. L e MAINIER, F. B. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore de petróleo**. IV CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO Responsabilidade Socioambiental das Organizações Brasileiras Niterói, RJ, Brasil, 31 de julho, 01 e 02 de agosto de 2008.

SINAVAL. **IBP sugere maior diálogo sobre oportunidades de descomissionamento no RJ**. 2020a. Disponível em: <http://sinaval.org.br/2020/10/ibp-sugere-maior-dialogo-sobre-oportunidades-de-descomissionamento-no-rj/>. Acesso em: 30/10/2020.

SINAVAL. **O que acontecerá com as plataformas descomissionadas?**. 2020b. Disponível em: <http://sinaval.org.br/2020/06/o-que-acontecera-com-as-plataformas-descomissionadas/>. Acesso em: 30/10/2020.

SINAVAL. **Sobena propõe regulamentação sobre desmonte de plataformas para abrir oportunidades para estaleiros brasileiros**. 2020c. Disponível em: [SINAVAL – Sobena propõe regulamentação sobre desmonte de plataformas para abrir oportunidades para estaleiros brasileiros](http://sinaval.org.br/2020/06/sobena-propoe-regulamentacao-sobre-desmonte-de-plataformas-para-abrir-oportunidades-para-estaleiros-brasileiros/). Acesso em: 30/10/2020.

SOARES, M. O; PAIVA, C. C.; FREITAS, J. E. P.; LOTUFO, T. M. C. **Gestão de unidades de conservação marinhas: o caso do Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio, NE – Brasil**. *Gestão Costeira Integrada*, v. 11, n. 02, p. 627-268, jun. de 2011.

SOBENA TV. Congress 2020 – **Descomissionamento E Reciclagem De Navios E Estruturas Flutuantes**. 2020a. (2h51min36s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9=-5jNjYVVSE&feature=youtu.be> Acesso em 30/10/2020.

SOBENA TV. Descom Week – Day1 – **Descomissionamento de plataformas e desmantelamentos de navios**. 2020b. (2h36min34s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=31AXd2A3JA4&t=2704s>. Acesso em: 30/11/2020.

SOUZA, F. **Diretrizes e Boas Práticas Ambientais para o Descomissionamento de Plataformas de Petróleo e Gás Offshore no Brasil**. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2019.

TERPINS, N. **Descom Week Day 2 [Webinar]**. Sobena. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=PDB7JKv5F-I&t=1982s>> Acesso em: 30/10/2020.

TEXEIRA, B. M.; MACHADO, C. J. S. **Marco regulatório brasileiro do processo de descomissionamento ambiental da indústria do petróleo**. Brasília a. 49 n. 196 out./dez. 2012.

TEXEIRA, C. **Educação e desenvolvimento sustentável na agenda brasileira**. Article in Revista Inter-Ação · July 2008.

SHELL UK. **THE BRENT STORY**. Disponível em: <<https://www.shell.co.uk/sustainability/decommissioning/brent-field-decommissioning/the-brent-story.html>>. Acesso em: 30/10/2020.

WIEGAND, Sandra Milena. **An Analysis to the Main Economic Drivers for Offshore Wells Abandonment and Facilities Decommissioning**. Thesis (Master of Science in Engineering), The University of Texas at Austin, Agosto, 2011.

WAN ABDULLAH ZAWAWI, N. A.; NA, K. L.; LIEW, M. S.; ABDUL RAZAK, Z. **Adaptive Reuse of Offshore Structure Steel: The Way Forward for Malaysia?**, p.1-3. 2013.

WANG, Y.; DUAN, Menglan.; SHANG, J. **Application of an abandoned jacket for an offshore structure base of wind turbine in Bohai Heavy Ice Conditions**, 2009.

Mantenedores

Empresas que acreditam e investem em pesquisa para o desenvolvimento do Setor Energético Brasileiro.

A **FGV Energia** agradece a seus **Mantenedores** o apoio dedicado às suas pesquisas e publicações.



ENERGIA PARA

REPENSAR REDESENVOLVER REVITALIZAR

REPENSAR

Repensar cada campo de óleo & gás com o objetivo de **maximizar** cada ativo, respeitando as comunidades.

REDESENVOLVER

Inovar e implementar novas estratégias de **desenvolvimento** em campos maduros.

REVITALIZAR

Incrementar atividades, **otimizar** as operações, sempre com segurança.



www.3rpetroleum.com.br

O que importa para nós é que a inovação chegue até você.

Por isso, investimos tanto em Pesquisar. Desenvolver. Experimentar. Aplicar. Atuamos, há mais de quatro décadas, com isenção, prontidão e competência, fatores que sustentam nossa credibilidade em níveis nacional e internacional.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel

Pesquisadores e técnicos altamente qualificados

Moderno complexo laboratorial para pesquisa experimental, ensaios e serviços tecnológicos

Papel estratégico no desenvolvimento da indústria nacional

Soluções tecnológicas amplamente utilizadas pelo setor elétrico brasileiro

Apoio técnico em P&D+ I para o governo, entidades setoriais, empresas, fabricantes e concessionárias

Ampla agenda de treinamentos e eventos técnicos
Parcerias com instituições de pesquisa do Brasil e do exterior

Seja um Associado do Cepel
Informações pelo e-mail dg@cepel.br

Saiba mais sobre o Cepel em: www.cepel.br



Eletrobras
Cepel

A pesquisa que constrói o futuro



equinor

Em tempos de mudanças climáticas, sabe o que a Equinor anda fazendo? A diferença.

evolução



Sustentabilidade está no centro de tudo o que a Equinor faz. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU e o Acordo Climático de Paris influenciam diretamente no desenvolvimento dos nossos negócios. No mundo, somos a empresa com as menores taxas de CO₂ na produção de óleo e gás, e nossas metas para futuros projetos são ainda mais ambiciosas. Queremos zerar nossas emissões próprias de carbono até 2050. Isso sem contar nossos projetos em energia renovável, como o Complexo Solar Apodi, que gera energia para 200 mil famílias brasileiras. Esse é o nosso jeito.

Essa é uma energia com E de Equinor.

equinor.com.br



Usina Hidrelétrica de Funil
Resende - RJ

Transparência & sustentabilidade

**Furnas representa um complexo de 19 Usinas Hidrelétricas,
68 subestações e 43 parques eólicos.**

- 40% da Energia do Brasil passa por Furnas.
- Energia para mais 60% dos domicílios brasileiros.
- 24.000 km de linhas de transmissão que interligam o Brasil.
- 100% na geração de energia limpa para o Brasil.



Ministério de
Minas e Energia





norteENERGIA
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

Foram necessários mais de 40 anos de estudo para instalação da maior hidrelétrica brasileira na Amazônia.

O único aproveitamento hidrelétrico autorizado para a bacia do rio Xingu utiliza aproximadamente 174 km dos 1.979 km de extensão do rio e não alagou terras indígenas para a formação dos seus reservatórios à fio d'água.

Recursos destinados para proteção de mais de 8,6 milhões de hectares em Unidades de Conservação.

Com capacidade instalada de 11.233,1 MW e quantidade média de geração de energia de 4.571 MW fornece energia para 60 milhões de brasileiros.

O compromisso de Belo Monte com as atuais e futuras gerações, se materializa na transformação social promovida na região onde está instalada, com estruturas de educação, equipamentos de saúde, novas moradias, saneamento e qualidade de vida com ações de cidadania.

*Energia da
Amazônia,
essencial
para o Brasil.*



117 Projetos Ambientais



4.130 indígenas beneficiados em 27 programas



33 Hospitais e Unidades de Saúde



513 Km de rede (água e esgoto)



06 novos bairros com infraestrutura completa



3.850 casas construídas



436 salas de aula





A PetroRio investe
na recuperação de ativos,

alongando a vida útil

dos campos e reduzindo
os custos de produção.

Uma empresa inovadora,
dinâmica, criativa, que
evolui e cresce a cada dia.



**A MAIOR
COMPANHIA
INDEPENDENTE
DE ÓLEO E GÁS
DO BRASIL**



ENERGIA QUE VEM DA GENTE

UMA SÉRIE DE HISTÓRIAS
INSPIRADORAS FEITAS
DA ENERGIA QUE SÓ
A GENTE TEM.

**SHELL, IMPULSIONANDO
O PROGRESSO NO BRASIL
HÁ 108 ANOS.**



ESCANEIE
O QR CODE E ASSISTA
ÀS HISTÓRIAS
SHELL.COM.BR



Mantenedores

Ouro



Prata



Patrocínio

PetroRio