

RODRIGO SARTORI DE ALBUQUERQUE

Descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore*: revisão sistemática

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do diploma de Bacharel em
Engenharia de Petróleo

Orientador: Prof^a Dr^a Regina Meyer Branski

São Paulo

2019

RESUMO

O interesse dos pesquisadores pelo descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore* vem crescendo ao longo dos anos no mundo todo. O objetivo do trabalho era identificar, classificar e analisar estudos no tema descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore* e apontar caminhos para futuras pesquisas. A metodologia utilizada é a revisão sistemática da literatura de artigos publicados entre 1997 e março de 2019 em periódicos científicos nacionais e internacionais selecionados. Foram analisados vinte artigos. Todos estudos mostram que a fase de descomissionamento tem grande potencial para gerar impactos ambientais negativos e que novas pesquisas devem contribuir para a tomada de decisão quanto a escolha do melhor método de descomissionamento.

Palavras-chave: Descomissionamento. Petróleo. Plataformas *offshore*. Revisão Sistemática.

ABSTRACT

Researchers' interest in the decommissioning of offshore oil platforms has been growing over the years all over the world. The objective of the work was to identify, classify and analyze studies developed in decommissioning of offshore oil platforms pointing out ways for future research. The methodology used is the systematic review of the literature of articles published between 1997 and 2019 March in selected national and international scientific journals. All studies show that the decommissioning phase has great potential to generate negative environmental impacts, which requires new studies that must collaborate for analysis and use as a basis for decision making in choosing the decommissioning method.

Keywords: Decommissioning. Oil. Offshore platforms. Systematic review.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
2.	OBJETIVOS	7
3.	REVISÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3.1.	FASES DA CADEIA DE PETRÓLEO <i>UPSTREAM</i>	8
3.1.1.	Pesquisa e Exploração	8
3.1.2.	Desenvolvimento	9
3.1.3.	Produção	9
3.1.4.	Abandono	10
3.2.	DESCOMISSIONAMENTO DAS PLATAFORMAS DE PETRÓLEO	10
3.2.1.	O que deve ser removido?	11
3.2.2.	FPSOs e Plataformas semissubmersíveis	12
3.2.3.	Torres Complacentes, Plataformas de Pernas Atirantadas e Spars	12
3.2.4.	Subestruturas de Concreto	13
3.2.5.	Subestruturas de Aço - Jaquetas	14
3.2.6.	Topsides	16
3.2.7.	Oleodutos e Linhas de Fluxo	16
3.2.8.	Poços	17
3.3.	OPERAÇÕES/ETAPAS DE UM PROCESSO DE DESCOMISSIONAMENTO.	17
3.3.1.	Planejamento e Gerenciamento do Projeto	18
3.3.2.	Mobilização de Navios de Elevação Robustos e de Navios Cargueiros	18
3.3.3.	Tamponamento e Abandono de Poços	19
3.3.4.	Preparação da Plataforma para a Remoção	20
3.3.5.	Oleodutos	20
3.3.6.	Remoção dos Condutores	20
3.3.7.	Remoção Estrutural	21
3.3.8.	Descarte de Resíduos	21
3.3.9.	Limpeza do Local	21
3.3.10.	Verificação	22
4.	METODOLOGIA: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	23
5.	RESULTADOS	24
5.1.	ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES	24
5.2.	ANÁLISE DOS ARTIGOS	26

5.2.1.	Artigos na Categoria Ambiental	27
5.2.2.	Artigos na Categoria Econômica/Financeira	29
5.2.3.	Artigos na Categoria de Aspectos Legais	31
5.2.4.	Artigos na Categoria Operacional	32
5.3.	DESCOMISSIONAMENTO NO BRASIL	33
6.	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICE A – Artigos publicados sobre Descomissionamento.	41
	ANEXO 1 – Artigo Síntese.	

1. INTRODUÇÃO

A vida útil de um campo de petróleo varia entre menos de 10 a mais de 25 anos. Após esse período, as instalações comumente são descomissionadas e os poços são fechados conforme as determinações dos órgãos competentes, como a Agência Nacional do Petróleo (ANP), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), e outros (MARIANO, 2015).

O processo de descomissionamento é um processo delicado, pois exige um método muito bem detalhado e delineado, e requer uma equipe multidisciplinar, envolvendo variáveis relacionadas às diversas áreas da engenharia como, por exemplo, ambiental, financeira e segurança do trabalho, além de também depender das políticas vigentes e do bem-estar social (SILVA, 2019)

Existem, atualmente, cerca de 7.850 plataformas de produção de petróleo e gás instaladas no mundo, em mais de 53 países e, deste total, 105 estão no Brasil. Estas plataformas de produção de petróleo e gás são dimensionadas para atender a produção de campo por cerca de 30 anos (SILVA, 2019). Estima-se que cerca de 6.500 plataformas de produção *offshore* serão descomissionadas até 2025, e que o custo total dos descomissionamentos serão de aproximadamente 40 bilhões de dólares, destes 15 bilhões oriundos do Mar do Norte (SILVA, 2019)

Tais características implicam em uma forte demanda para o serviço de descomissionamento mundial e um crescente estudo sobre o tema que ainda enfrenta diversos obstáculos.

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é identificar classificar e analisar estudos no tema descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore*, e apontar caminhos para futuras pesquisas.

3. REVISÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho começa explicando brevemente as quatro fases típicas da exploração e produção de petróleo, detalha o processo de descomissionamento, metodologia de pesquisa e, finalmente, os resultados obtidos na revisão sistemática da literatura.

3.1. FASES DA CADEIA DE PETRÓLEO *UPSTREAM*

A cadeia de exploração e produção (E&P) do petróleo, conhecida também como *upstream*, divide-se em 04 (quatro) grandes fases que são: exploração, desenvolvimento, produção e abandono ou, ainda, descomissionamento (SILVA *apud* MARIANO, 2007). Segue descrição de cada etapa.

3.1.1. Pesquisa e Exploração

Silva (2012) conceitua a etapa de exploração como o conjunto de operações ou atividades destinadas a avaliar áreas, objetivando a descoberta e a identificação de jazidas de petróleo ou gás natural. Esta fase tem como objetivo a elaboração do modelo que melhor represente os reservatórios de petróleo e gás, pois a perfuração dos poços pode consumir até 85% do custo total da exploração. Sendo assim, a decisão de iniciar a perfuração de um poço deve ser bem planejada e baseada em estudos que proporcionem conhecimentos detalhados de todos os aspectos, principalmente das condições geológicas da área.

O método mais comum de avaliação de poço é a perfilagem, o qual é mais decisivo, pois a partir deste estudo é averiguada a potencial presença de hidrocarbonetos na formação. Uma vez que esta fase estuda as diversas camadas do solo, caracterizando os tipos de rochas presentes (SILVA, 2012).

Posterior ao estudo das formações, é iniciado o procedimento de perfuração dos poços exploratórios, para comprovar a existência de jazidas e analisar a viabilidade

do desenvolvimento dos reservatórios. Tais perfurações podem ser realizadas através de plataformas auto-elevatórias, semissubmersíveis ou navio-sonda (SILVA, 2012).

O processo de perfuração é realizado com sondas e brocas, as quais tem o diâmetro reduzido à medida que a perfuração avança. Após perfurar cada seção, a broca é retirada do poço e uma coluna de aço, que possui diâmetro inferior ao diâmetro do poço, é introduzida e cimentada, impedindo assim o desmoronamento das paredes (SILVA, 2012).

3.1.2. Desenvolvimento

As atividades realizadas durante o processo de desenvolvimento são a perfuração de poço de desenvolvimento, construção e implantação de instalações de transporte e o comissionamento dos sistemas e das unidades.

Silva (2012) afirma que existem muitas características que influenciam o processo de desenvolvimento de um campo de petróleo e elenca as principais: economicidade do campo, disponibilidade de rotas de transferência de fluídos produzidos, viabilidade técnica e fatores relacionados ao meio ambiente.

3.1.3. Produção

A fase de produção consiste na chegada do fluido até a superfície, na separação de seus componentes líquidos e gasosos e na remoção das impurezas. Nesta fase, as principais funções dos sistemas de processamento primário das unidades de produção são a separação dos fluidos produzidos na fase líquida e gasosa, acondicionamento do óleo e gás natural para o transporte, fazendo a remoção de sólidos, água e outros contaminantes (SILVA, 2012).

3.1.4. Abandono

Finalmente, a fase de abandono ocorre quando o poço atinge o fim da sua vida útil ou quando não é considerado viável economicamente. Nessa etapa o poço é lacrado com tampas de concreto e os condutores são cortados abaixo do nível do mar. A seguir serão detalhadas as fases envolvidas no descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore*.

3.2. DESCOMISSIONAMENTO DAS PLATAFORMAS DE PETRÓLEO

Descomissionamento de plataformas *offshore* é o procedimento para encerrar a operação de produção e ocorre por diversos motivos que, segundo Salgado (2016), podem estar diretamente relacionados à exaustão natural, exaustão econômica, ou a fatores políticos.

O descomissionamento ocorre em quatro estágios (RUIVO *apud* UKOOA, 1995):

- Desenvolvimento, avaliação e seleção de opções para encerramento, e elaboração de um processo detalhado, incluindo considerações de engenharia e segurança;
- Encerramento da produção de óleo e/ou gás e, tamponamento e abandono de poços;
- Remoção de toda ou partes da estrutura *offshore* (recorrente);
- Disposição ou reciclagem dos equipamentos removidos.

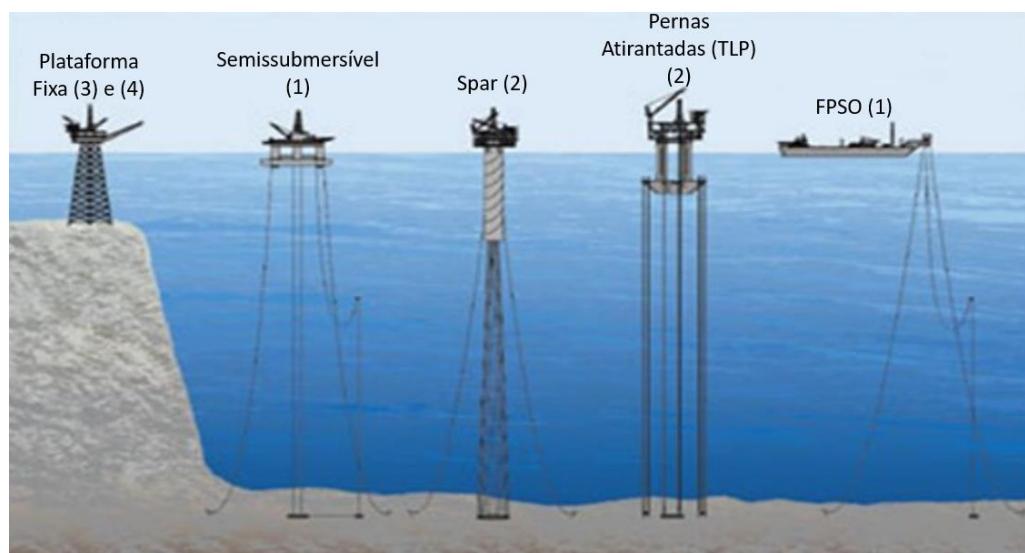
O processo de descomissionamento depende de diversos fatores como, por exemplo, a configuração, tipo de estrutura, peso, tamanho, distância da costa, consistência do solo marinho, condições climáticas e complexidade na execução das operações (RUIVO, 2001)

A operadora deve escolher a melhor opção avaliando essas diversas variáveis. Além disso, há uma maior complexidade nas questões ligadas ao descomissionamento pois deve-se ser considerado, também, fatores ambientais e políticos envolvidos no processo.

3.2.1. O que deve ser removido?

Ruivo (2001) destaca que o processo de descomissionamento de campos de petróleo offshore pode ser aplicado a seis classes de instalação. São elas: (1) Navios de Produção, Armazenagem e Desembarque (Floating Production, Storage & Offloading (FPSOs)) e Plataformas Semissubmersíveis; (2) Torres complacentes, Plataformas de Pernas Atirantadas (TLPs - Tension Leg Platforms) e Spars; (3) Subestruturas de Concreto; (4) Subestruturas de Aço; (5) Topsiders; (6) Oleodutos e linhas de fluxo (RUIVO, 2001). Além das 6, também é possível ter a classe de descomissionamento de poços (7) (RUIVO *apud* ANP, 1999).

Figura 1: Esquema tipos de plataformas



Fonte: MEMOIREONLINE (2010)

3.2.2. FPSOs e Plataformas semissubmersíveis

Um FPSOs consiste em uma grande embarcação do tipo navio petroleiro, ancorado em solo marinho e projetado para processar e armazenar a produção dos poços submarinos próximos e descarregá-la periodicamente em um petroleiro menor, transportando a produção para a unidade de processamento em terra.

Esse tipo de plataforma consiste na instalação de uma unidade flutuante, que possui equipamento de produção e é ancorada por cordas de poliéster e correntes. Dessa forma, a produção dos poços é transportada para a plataforma de superfície através dos risers da produção projetados para acomodar os movimentos das plataformas.

Segundo Ruivo (2001), este tipo de estrutura é comparativamente mais fácil e barato de descomissionar que as fixas, pois são baseadas em embarcações ou em seus conceitos e, portanto, flutuam. O autor ainda afirma que as principais dificuldades operacionais estão na desconexão de todas as amarrações, linhas de fluxo e risers. Este tipo de plataforma permite a sua reutilização após o descomissionamento, e sendo assim, dois terços das FPSOs e semissubmersíveis descomissionadas ao redor do mundo foram reutilizadas em outros campos, sendo a reutilização uma evolução natural destas estruturas.

As FPSOs possuem uma grande área de convés e excesso de flutuação, o que permite a flexibilidade às modificações dos topsiders, o que é uma vantagem adicional, pois os equipamentos podem ser utilizados ou reformados em docas, antes que a instalação seja comissionada em outro campo (RUIVO, 2001).

3.2.3. Torres Complacentes, Plataformas de Pernas Atirantadas e Spars

Uma torre complacente consiste em uma torre estreita e flexível em uma fundação de pilares, capaz de suportar uma superestrutura para operações de perfuração e produção, e tem como principal característica a capacidade de suportar grandes forças laterais, o que só é possível graças à possibilidade de deflexões laterais (RUIVO, 2001).

Já uma plataforma de pernas atirantadas (do inglês Tension Leg Platform - TLP) é uma estrutura flutuante presa no lugar determinado por tensores verticais, que são conectados ao solo por pilares afixados. Estes tensores permitem a utilização desta estrutura em uma escala de profundidade maior com o movimento vertical limitado.

Uma SPAR (Sapr Buoy) é conceituada por Ruivo (2001) como um único cilindro vertical de diâmetro grande que suporta uma plataforma e tem fixado um típico topside de plataforma, três tipos de siders e um caco, para que seja ancorada através de um sistema que contém de seis a vinte linhas catenárias escoradas ao solo marinho.

Estas plataformas são similares à FPSOs e a Semissubmersível, devido a sua natureza de mobilidade e flutuação. Porém, Ruivo (2001) afirma que só há uma experiência no descomissionamento destas estruturas, pois as spars são estruturas longas, atingindo 225 metros no comprimento, o que sugere que o processo de descomissionamento pode não ser trivial. Já as TLP apresentam desconexão da embarcação e dos pontos de ancoragem como um processo mais difícil, embora, quando descomissionadas, são levadas ao mercado para reutilização.

3.2.4. Subestruturas de Concreto

As *Concrete Gravity Structures* (CGS) são estruturas que contribuem de forma significativa para o montante dos custos totais mundiais de descomissionamento, embora tenham pequena participação, se comparadas às jaquetas (RUIVO, 2001).

O senso comum impõe que as subestruturas concretas existentes deveriam ser removidas e dispostas em abissais oceânicos. O autor afirma que existem dúvidas quanto à praticidade técnica destes processos. Essas dúvidas são pertinentes quando se nota que os primeiros projetos do mar do norte são as maiores estruturas de concreto já construídas (1.500.000 toneladas em LDA na plataforma norueguesa Gullfaks C).

Para as estruturas menores e mais recentes as exigências para a remoção por reflutuação estão baseadas nos conceitos de fundação do projeto e em análises detalhadas.

Até o momento, nenhuma CGS grande foi descomissionada, embora haja opções, como por exemplo, o tombamento no local e a remoção parcial. Entretanto, essas opções possuem grande risco ambiental, pois podem liberar óleo ou lama residuais, caso os pilares de armazenamento sejam danificados durante o processo de tombamento ou de corte.

Ruivo (2001) faz uma importante observação sobre o processo de descomissionamento destas estruturas. O autor sugere que se for justificável e aceito pela legislação que as estruturas sejam deixadas no fundo do oceano indefinitivamente, então deve ser razoável aceitar a disposição dos pilares concretos, se cortados e colocados horizontalmente no solo marinho, junto à base da estrutura de completação, o que teria o mesmo valor de recifes artificiais.

Vale notar que mesmo com a opinião pública e atitudes políticas aceitando a disposição de subestruturas em águas profundas é provável que nos casos das grandes estruturas isso não seja aplicado, por questões de segurança e manutenção da integridade estrutural.

3.2.5. Subestruturas de Aço - Jaquetas

As jaquetas são estruturas treliçadas com topsides colocados no topo, fornecendo espaço para quartos da tripulação, equipamentos de perfuração e de produção. Estas estruturas são economicamente viáveis para lâminas d'água de até 450 metros (RUIVO, 2001).

São muitas as opções para o descomissionamento de jaquetas, sendo elencadas por Ruivo *apud* Ukooa (1995), conforme Quadro 1.

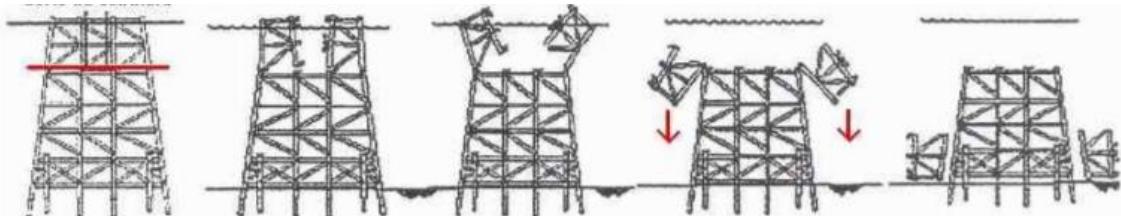
Quadro 1 - Opções de descomissionamento de jaquetas

Remoção Completa	<ul style="list-style-type: none"> • Sem a presença de cascalhos de perfuração e disposta na plataforma continental; • Sem a presença de cascalhos de perfuração, desmantelada e disposta em águas profundas; • Sem a presença de cascalhos de perfuração, desmantelada e disposta em terra; • Presença de cascalhos de perfuração e disposta na plataforma continental; • Presença de cascalhos de perfuração e dispostas em águas profundas; • Presença de cascalhos de perfuração, desmantelada e disposta em terra.
Remoção Parcial	<ul style="list-style-type: none"> • Disposta na plataforma continental; • Disposta em águas profundas; • Desmantelada e disposta em terra.
Tombamento-no-local	<ul style="list-style-type: none"> • Sem a presença de cascalhos de perfuração; • Presença de cascalhos de perfuração
Deixar-no-local/Utilizações alternativas	<ul style="list-style-type: none"> • Base para lançamento de foguetes; • Base para fontes alternativos de energia (eólica); • Centro de pesquisas científicas.

Fonte: Ruivo *apud* Ukooa (1995)

Um esquema de remoção parcial de uma jaqueta pode ser observada no esquema da Figura 2:

Figura 2: Remoção Parcial de uma Jaqueta



Fonte: BYRD (2001)

3.2.6. Topsides

Topsides, topside facilities ou deck é a terminologia utilizada para a porção de uma plataforma que incluem os equipamentos de perfuração, produção, processamento, utilização, acomodação e sustentação da subestrutura (RUIVO, 2001).

Segundo o autor, os *topsides* possuem diversas estruturas e classificações, pois variam quanto à funcionalidade e complexidade, sendo classificados em integrados, modulares ou híbridos.

- Os *topsides* integrados são um sistema onde os equipamentos de processamento são instalados no convés da estrutura durante a sua fabricação, sendo comissionados em terra. Assim, a estrutura do convés é instalada na subestrutura no local de produção no mar (RUIVO, 2001).
- Os *topsides* com configuração modular tem a estrutura subdividida em módulos (ou *containers*), que podem ser elevados pelos navios-guindastes. Assim, os equipamentos de processamento são instalados nos módulos e então, comissionados no mar (RUIVO, 2001).
- Já os *topsides* com configuração híbrida são utilizados em grandes plataformas de produção, e caracterizam-se pela integração dos módulos e equipamentos de processamento à subestrutura (RUIVO, 2001).

3.2.7. Oleodutos e Linhas de Fluxo

O descomissionamento dos oleodutos é importante pois minimiza os possíveis impactos ambientais no local. Muitos oleodutos são instalados pela técnica de reboque de fundo, o que significa que os tubos foram soldados em terra, posicionados com boias temporárias e foram levados ao mar por barcaças, sendo puxados para as estruturas de produção *offshore* (RUIVO, 2001).

3.2.8. Poços

O descomissionamento de poços é uma das fases principais do processo de descomissionamento de um sistema de produção *offshore*, e para que haja um procedimento eficaz é importante prevenir a migração dos fluidos entre as formações, seja pelo poço ou pelo espaço existente entre ele e o revestimento, ou ainda a migração dos fluidos até a superfície do terreno ou o fundo do mar (RUIVO *apud* ANP, 1999). Mas como essas instalações devem ser removidas? A seguir estão descritas as etapas necessárias para o descomissionamento.

3.3. OPERAÇÕES/ETAPAS DE UM PROCESSO DE DESCOMISSIONAMENTO

Ruivo (2001) afirma que mesmo diante das diversas opções que o processo de descomissionamento pode trilhar em função da estrutura, é possível determinar as etapas básicas desse processo. Ele cita as seguintes:

1. Planejamento e Gerenciamento do Projeto;
2. Mobilização de Navios de Elevação Robustos e de Navios Cargueiros;
3. Tamponamento e Abandono de Poços;
4. Preparação da Plataforma para Remoção;
5. Oleodutos;
6. Remoção dos Condutores;
7. Remoção Estrutural - *Topsiders*;
8. Disposição de Resíduos;
9. Limpeza do Local;
10. Verificação

3.3.1. Planejamento e Gerenciamento do Projeto

Conforme Ruivo (2001), a etapa de planejamento e gerenciamento do projeto deve ter início de dois a três anos antes do processo de descomissionamento, pois o planejamento prévio das operações pode reduzir os custos de forma significativa. Consiste, de maneira sucinta, em planejar o descomissionamento e obter as permissões legais, o que inclui todas as atividades deste processo, em âmbito municipal, estadual e federal, avaliando os impactos que o processo trará à sociedade e ao meio ambiente. Além disso, são consideradas também as questões técnicas, como análise geofísica, estrutural, contratual, assim como a previsão de serviços temporários e supervisão *offshore*, isolamento de oleodutos, linhas de fluxo e poços.

Esta fase é imprescindível no processo de descomissionamento porque determina a metodologia das operações e o tamanho e capacidade dos equipamentos que serão utilizados (RUIVO, 2001).

Para a determinação da técnica mais adequada são necessários dados recentes, os quais são reunidos e analisados nesta fase, assim como o detalhamento das características dos equipamentos que serão utilizados e o tempo que serão necessários.

3.3.2. Mobilização de Navios de Elevação Robustos e de Navios Cargueiros

Esta fase está relacionada à elevação e ao transporte da subestrutura, seus módulos ou seções dos topsides até um local previamente desenvolvido para o seu desmantelamento, recondicionamento, reciclagem ou disposição para refugo. Nesta fase, são utilizados navios de elevação robustos, também conhecidos como embarcações-guindastes.

3.3.3. Tamponamento e Abandono de Poços

Nesta fase, são utilizadas as referências dispostas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), conforme Portaria 176/1999. Estas normas são referentes ao abandono permanente de poços *offshore* verticais e horizontais.

O artigo 11º desta portaria dispõe sobre os procedimentos necessários para o abandono permanente de poços equipados com *liner*, os quais devem ser isolados por um tampão de cimento de no mínimo 30 (trinta) metros de comprimento, com a base posicionada no topo do *liner*, sem prejuízo dos demais procedimentos (ANP, 1999).

Em seguida, o artigo 12º dispõe sobre procedimentos adotados nos intervalos de poço aberto, os quais são: deslocar os tampões de cimento de modo que cubram, no mínimo, 30 metros acima e abaixo de qualquer zona de petróleo, gás ou água, ou até o fundo do poço, com o objetivo de impedir a migração dos fluidos para a superfície ou para o fundo do mar, ou ainda, deslocar um tampão de cimento, de no mínimo 60 (sessenta) metros de comprimento, de modo que a base fique posicionada 30 (trinta) metros abaixo da sapata do revestimento mais profundo.

Em caso de abandono permanente do poço com intervalo canhoneado, os procedimentos adotados são o deslocamento de um tampão de cimento, de modo que seu topo fique 30 metros acima do topo do intervalo canhoneado e a sua base fique 30 metros abaixo desse intervalo, ou no topo de qualquer tampão existente no revestimento, ou no fundo do poço; ou ainda, deve-se efetuar a compressão (ANP, 1999).

Além disso, a Portaria enfatiza que a operação de abandono deve ser concluída conforme o artigo 12º, e que a concessionária ou empresa de aquisição de dados deve remover da locação todos os equipamentos de poço instalados acima do fundo do mar, em casos de poço marinho, ou acima do fundo do ante poço, em caso de poço terrestre.

3.3.4. Preparação da Plataforma para a Remoção

Esta etapa envolve as atividades relacionadas à segurança e preparação da instalação para a opção de descomissionamento, tal como a limpeza dos equipamentos do *topsides* e da subestrutura (RUIVO, 2001).

Conforme o autor, o primeiro procedimento a ser realizado é a inspeção da plataforma, acima e abaixo da superfície d'água, a fim de determinar sua condição estrutural e identificar os possíveis problemas. Nesta fase, ocorre também a limpeza de todas as tubulações e equipamentos que contenham hidrocarbonetos ou eventuais substâncias tóxicas.

3.3.5. Oleodutos

Esta etapa está relacionada com a análise e limpeza dos oleodutos. Ruivo *apud* Canadá (1997) afirma que os oleodutos devem ser analisados, seja no local ou através de dados existentes, com o objetivo de determinar a localização dos flanges, cruzamentos, agrupamentos de algas e outros habitats marinhos.

O autor também acrescenta que os oleodutos devem ser limpos através do *pig* progressivo, que consiste na introdução do *pig* na tubulação, que é um instrumento feito de espuma, que tem o diâmetro ligeiramente maior que o diâmetro interno da tubulação. Assim, o *pig* é empurrado do lançador para a tubulação por meio de bombeamento de ar, nitrogênio, água ou agentes químicos, onde uma quantidade específica de fluido ou gás é bombeada antes da inserção de um segundo *pig* no lançador. Todo este processo é imprescindível, pois só após a limpeza, os oleodutos poderão ser seccionados e removidos.

3.3.6. Remoção dos Condutores

Ruivo (2001) dispõe que, se houver condutores, estes devem ser removidos até 5 (cinco) metros abaixo da linha do solo marinho. Para este procedimento, é necessária a utilização de macaco hidráulico, guindaste e plataforma de perfuração.

O condutor é pinçado até que, aproximadamente, 12 (doze) metros da sua seção estejam expostos e seccionado utilizando cortadores mecânicos externos. A seção é removida através de um guindaste da plataforma e alocada em outra embarcação. Repete-se o processo até que o condutor seja totalmente retirado.

3.3.7. Remoção Estrutural

A remoção dos *topsides* podem ser realizadas conforme o procedimento descrito na operação de remoção. Posteriormente, as seções dos *topsides* e pilares das subestruturas são elevadas pelos guindastes e assentadas nos compartimentos de carga e afixadas na estrutura do navio cargueiro (RUIVO, 2001).

3.3.8. Descarte de Resíduos

Segundo Ruivo (2001), os materiais comumente removidos e descartados são o aço processado, cimento e lama de perfuração. Assim, o autor descreve três métodos de disposição destes materiais, sendo eles o refugo para disposição em locais previamente estabelecidos, reciclagem e reutilização. A reutilização está relacionada à diversos fatores como, por exemplo, integridade estrutural, desenvolvimentos adicionais na região, concordância com parâmetros técnicos, entre outros fatores.

3.3.9. Limpeza do Local

O processo de limpeza do local é o processo de eliminação dos impactos adversos ao habitat natural, decorrentes das operações *offshore* de produção. Ruivo *apud* Pulshipper (1996) divide este processo em três etapas, sendo elas o mapeamento do local de trabalho, inspeção e limpeza e retirada dos resíduos.

São muitos os detalhes que permeiam a limpeza do local, entretanto, se uma estrutura tiver de ser removida, a legislação exige que o local afetado pela plataforma e pelas atividades realizadas seja limpo de todos os possíveis materiais nocivos ao ambiente. Outro ponto de destaque é a definição do diâmetro da área de limpeza, que define um

raio fixo ao redor da estrutura *offshore*, sendo esta estabelecida pela agência reguladora competente na aprovação do projeto de descomissionamento (RUIVO, 2001).

É primordial que durante o processo de planejamento da limpeza sejam analisadas o esforço necessário para localização, avaliação e resolução dos problemas associados aos resíduos e aos distúrbios no solo marinho. Esse esforço depende da área utilizada, localização no habitat, idade da plataforma, dentre outros.

Segundo Ruivo (2001), o método mais utilizado na limpeza é a pesca de arrastão com redes, já que os resíduos possuem densidade elevada. Nesta fase, são utilizadas redes especiais, mais resistentes, com o engranzamento reforçado, as quais são arrastadas no solo marinho, com o objetivo de fornecer a cobertura integral da área e assegurar a retirada dos resíduos.

3.3.10. Verificação

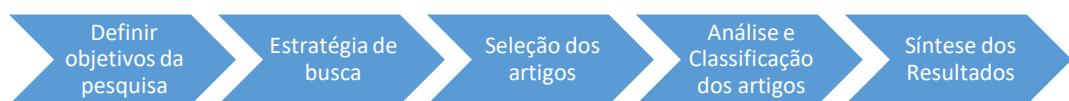
Para testar a adequação das operações de limpeza do local, utiliza-se o processo de passagem de uma rede pela área. Este procedimento já foi utilizado duas vezes na Califórnia. Quando as características de um local não comportam o procedimento, é utilizado um sonar de varredura após o procedimento de limpeza, e posteriormente é feito um comparativo de dados antes e depois da limpeza (RUIVO, 2001).

4. METODOLOGIA: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A revisão sistemática da literatura (RS) é um método de síntese de evidências que identifica todas as pesquisas relevantes disponíveis para uma questão particular, área do conhecimento ou fenômeno de interesse. Por se tratar de método explícito e sistemático para identificar, selecionar e avaliar a literatura, é uma metodologia confiável, rigorosa e auditável (BRASIL, 2012).

As etapas da metodologia estão expostas na Figura 1:

Figura 3 – Etapas da revisão sistemática



Fonte: Adaptado do Centre for Reviews and Dissemination (2009)

Sendo assim, foi realizada busca sobre artigos que tratam do processo de descomissionamento, a fim de identificar principais periódicos, ano das publicações, categorias e temas estudados.

As estratégias de busca foram:

- Escolher apenas artigos em inglês revisados por pares do portal periódicos mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) para uma melhor qualidade de pesquisa.
- Utilizar as palavras “*decommissioning offshore*” como chave de busca
- A primeira publicação identificada no Banco de Dados CAPES ocorreu no ano de 1997. Foram levantados artigos a partir desde essa data até o março de 2019.
- Os artigos foram classificados em 4 categorias – Ambiental; Aspectos Legais; Econômico/Financeiro e Operacional – e, dentro de cada categoria, pelo tema estudado.

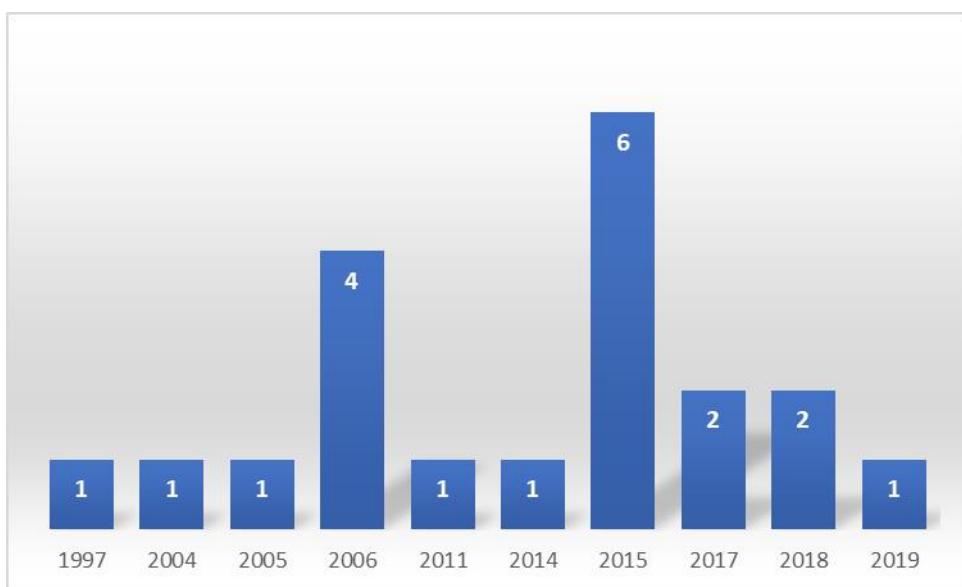
Selecionaram-se 20 artigos que foram classificados na planilha Excel (Apêndice A). Destacando informações sobre o periódico como autores, países, problema abordado, objetivo, metodologia e resultados alcançados.

5. RESULTADOS

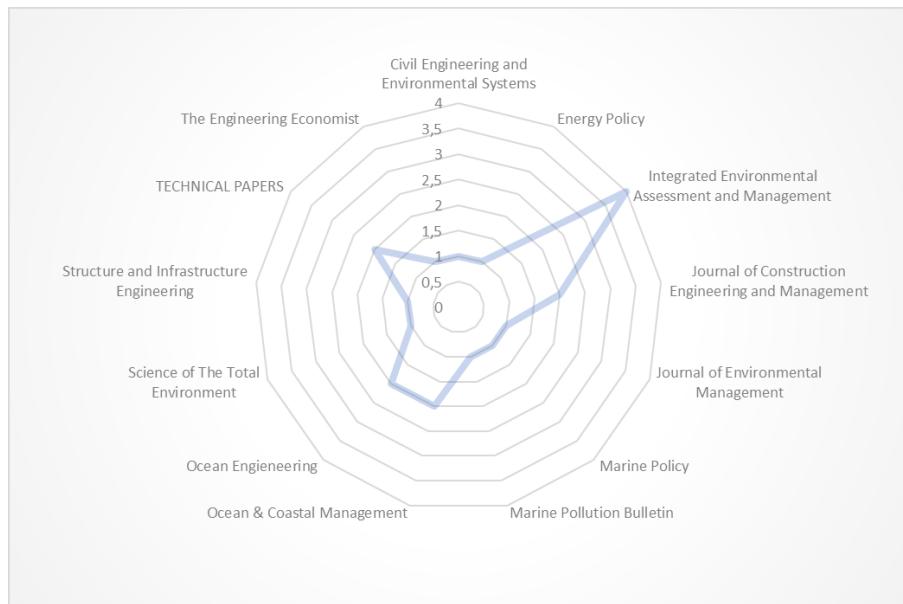
5.1. ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES

As pesquisas sobre o processo de descomissionamento de plataformas *offshore* tiveram início em 1997, mas ocorreu aumento das contribuições em datas mais recentes, com 11 estudos publicados desde 2015 (Gráfico 1). Destaque para os anos de 2006 e 2015.

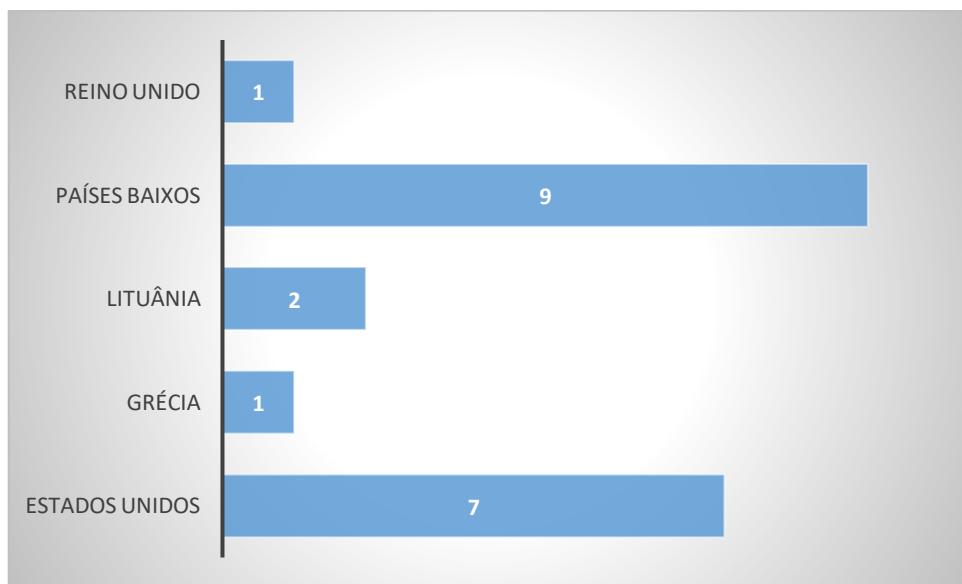
Gráfico 1: Artigos Publicados por Ano



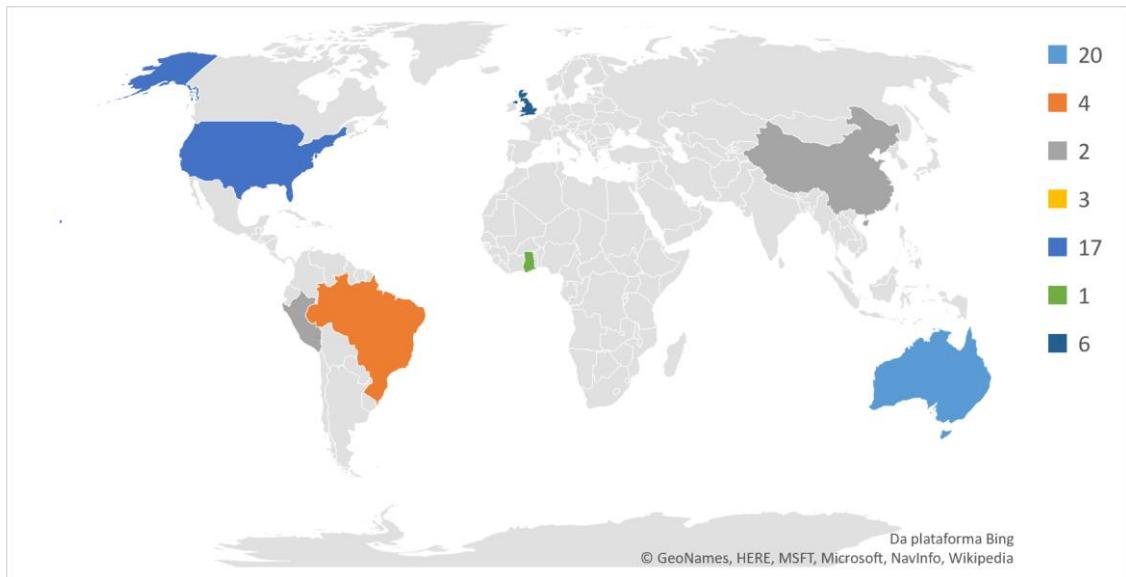
Quanto aos periódicos, *Integrated Environmental Assessment and Management* destaca-se em relação aos demais pelo número de artigos publicados (4 artigos) (Gráfico 2).

Gráfico 2: Periódicos Pesquisados

Focando nos países sedes dos periódicos nota-se que há destaque para os Países Baixos com 9 publicações. Os Estados Unidos são segundo destaque com 7 publicações. Como pode ser observado no Gráfico 3.

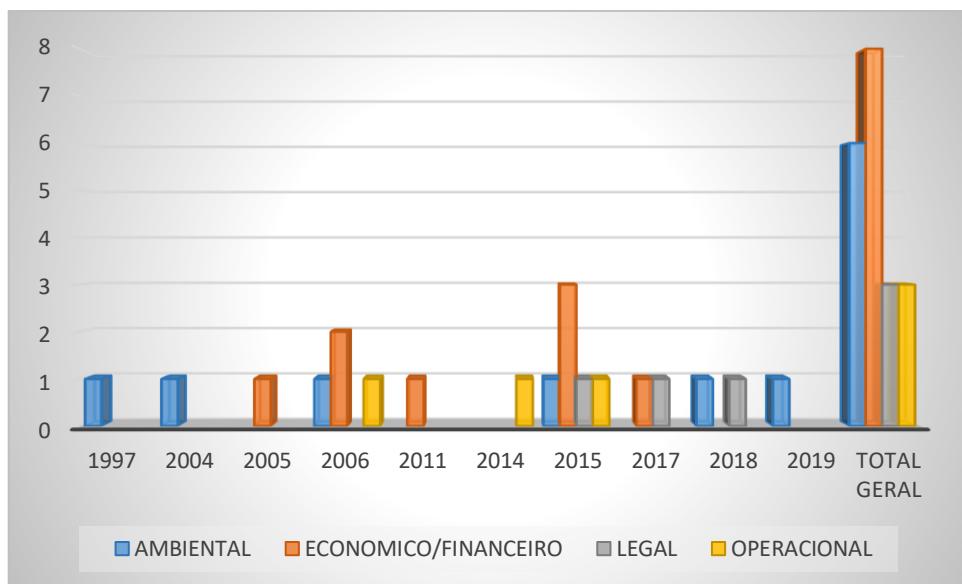
Gráfico 3: País sede dos Periódicos

No Gráfico 4 mostra a localização dos autores dos artigos e percebe-se que a grande maioria são nativos da Austrália (20) seguido pelos norte-americanos (17).

Gráfico 4: País sede dos pesquisadores

5.2. ANÁLISE DOS ARTIGOS

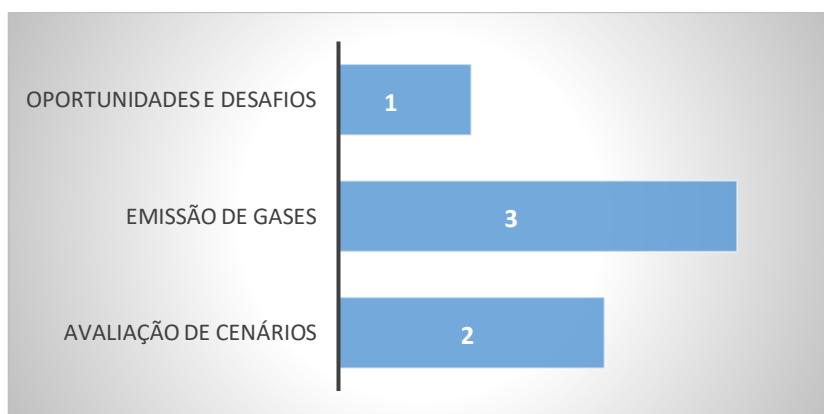
Os artigos foram classificados em 4 categorias: ambiental, econômico/financeira, operacional e de aspectos legais. De 1997 até 2004, os dois únicos artigos publicados tratavam da questão ambiental (Gráfico 5). A partir daí, os estudos voltados para questões econômicas/financeiras e operacionais começam a ganhar destaque (2005-2015). Já os voltados para aspectos legais começam a surgir a partir de 2015.

Gráfico 5: Publicações por Categoria

Observando de maneira geral, a maior parte dos estudos envolveu aspectos econômicos (8 estudos), seguido do ambiental (6 estudos). Foram menos estudadas questões legais e operacionais do descomissionamento. Porém, cabe notar que questões ambientais sempre estiveram presentes ao longo do tempo. A seguir serão analisados os artigos de cada categoria.

5.2.1. Artigos na Categoria Ambiental

Como pode ser observado no Gráfico 6 os artigos da categoria Ambiental tiveram principal enfoque no tema emissão de gases.

Gráfico 6: Temas da Categoria ambiental

Nos estudos voltados para questões ambientais, Kerr *et al.* (1999) desenvolveram uma metodologia para estimar consumo de energia e emissão de gases no descomissionamento de plataformas. Aplicaram a metodologia em uma plataforma do mar do norte. Os resultados mostraram que, em termos de consumo de energia e emissão de gás, há pouco diferença entre o método de descomissionamento com remoção total e o com remoção parcial das instalações.

Shroeder e Love (2004) discutem o conflito de valores sociais entre os *stakeholders* da Califórnia que exigem conhecimento dos impactos ecológicos de várias alternativas de descomissionamento. O artigo sumariza e classifica algumas questões do governo federal e do Estado da Califórnia frente ao descomissionamento *offshore*, particularmente relacionados a ecologia. Foram consideradas a qualidade do *habitat* da plataforma, a estimativa do impacto regional das alternativas de descomissionamento para populações marinhas e determinados os efeitos biológicos de qualquer contaminação residual. Os autores concluíram que para estratégia de gestão devem incluir perspectivas políticas e ecológicas e a decisão deve ser feita caso a caso.

Cantle e Bernstein (2015) expõem que os descomissionamentos das plataformas da Califórnia vão envolver equipamentos pesados movidos a diesel podendo comprometer a qualidade do ar da região e, consequentemente, a saúde das pessoas. Para medir o impacto fizeram uma análise das principais variáveis utilizadas pelos equipamentos como o consumo de combustível e taxa de emissão. Eles estimaram que a remoção completa das jaquetas e topsides gerariam aproximadamente 6,75 vezes mais poluentes do que a remoção parcial de 85 pés abaixo da superfície.

Ekins e Firebrace (2006) fizeram um estudo do fluxo financeiro, bem como do fluxo de energia e matéria para diferentes cenários de descomissionamento. Para isso compararam diferentes cenários e concluíram que não está claro se a remoção dos equipamentos é justificável do ponto de vista ambiental.

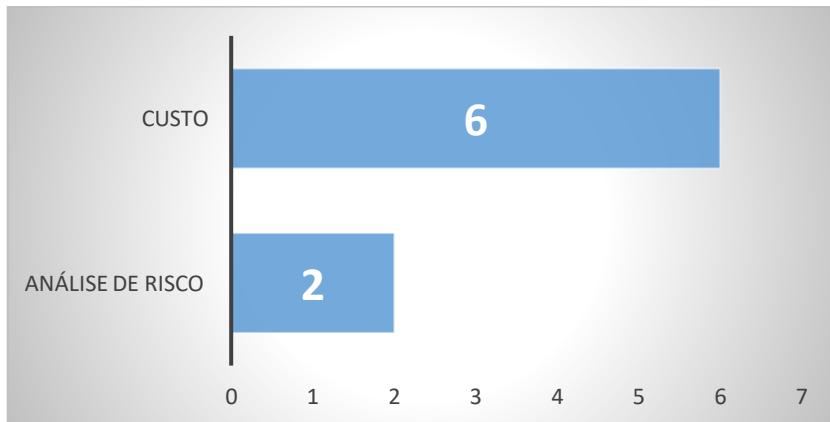
Rouse *et al.* (2018) discutiram qual a melhor opção em termos ecológicos quanto a retirada de dutos *offshore*. Para isso avaliaram quatro cenários de descomissionamento de dutos na plataforma continental do Reino Unido e mostram sua relação com a pesca. Os dados para o estudo foram obtidos no Oil and Gas UK Common Data Access e possibilitaram a contextualização e quantificação das atividades humana contribuindo para a tomada de decisão.

Sommer *et al.* (2019) mostram que o entendimento dos efeitos ambientais e as diferentes estratégias de descomissionamento ainda não está completo. Para avançar no conhecimento do assunto os autores fizeram um estudo de caso e concluíram que as decisões de descomissionamento devem levar em conta o *habitat* e biodiversidade da região em questão.

5.2.2. Artigos na Categoria Econômica/Financeira

Como pode ser observado no Gráfico 7 os artigos da categoria econômico/financeiros abordaram 2 principais temas: custo e análise de risco. Pelo resultado exposto fica nítido que há forte preocupação com o custo envolvido no procedimento.

Gráfico 7: Temas da Categoria Econômica/Financeira



Kaiser *et al.* (2005) tinham como objetivo modelar o custo da operação do corte abrasivo associado com o descomissionamento das estruturas no Golfo do México. O custo deriva do tipo de trabalho, número, tamanho, e extensão do corte realizado. A metodologia utilizada foi a coleta dados em três anos (2000-2002) e deriva relações que estimam o tempo e o custo das operações de corte. Concluindo que corte abrasivo é uma operação independente da estrutura, ou seja, o custo total não depende das características da estrutura e pode somente ser previsto depois que o trabalho finalizou.

Kaiser (2006) relatou que o descomissionamento envolve métodos padronizados, com baixa tecnologia e um período curto de tempo. Além disso, o autor afirma que *offshore* é mais caro e incerto devido as condições do mar e que estimar o custo dessa

operação é importante. O objetivo do artigo foi fornecer uma visão global dos impactos do estágio primário de descomissionamento e descrever uma metodologia geral para estimar o custo. Como resultados os autores informaram que a maioria dos estudos feitos levam em consideração poucas variáveis e o proposto por eles engloba as incertezas e tem um resultado mais condizente com a realidade.

Santa-Cruz e Zavoni (2011) avaliaram as incertezas sobre os preços de hidrocarbonetos, custos de manutenção, carga ambiental, capacidade estrutural e danos devido deterioração através de modelos de opções reais para manutenção e descomissionamento. O resultado do VPL subestimou o custo-benefício do ciclo de vida. A formulação desenvolvida forneceu uma estrutura adequada para avaliar o valor da flexibilidade gerencial para considerar diferentes opções.

Kaiser e Liu (2014) discutiram que instalações *offshore* são caras para serem descomissionadas e isso ocorre quando não estão gerando mais receita. O objetivo foi propor uma estrutura analítica para quantificar o risco de descomissionamento comparando o valor do ativo de reserva desenvolvendo uma estrutura analítica. Foi aplicado o procedimento em plataformas fixas de águas profundas no Golfo do México em janeiro de 2013.

Bressler e Bernstein (2015) apresentam as 27 plataformas offshore de petróleo e gás da Califórnia que chegarão ao final de suas vidas úteis em algum momento no futuro próximo e exigirão o descomissionamento. Foi descrito o projeto e o uso de um modelo de decisão matemática que fornece estimativas detalhadas de custos de remoção completa e parcial (até 85 pés abaixo da linha de água) para as plataformas. A conclusão foi que as análises que detalham os custos seriam, no mínimo, muito caras e provavelmente inviáveis.

Kruse *et al.* (2015) também discutiram sobre as 27 plataformas de petróleo e gás na Califórnia. Avaliaram os possíveis impactos socioeconômicos das duas opções mais prováveis: remoção completa e parcial da estrutura para 85 pés abaixo da linha de água com a estrutura remanescente no lugar como um recife artificial com base nas considerações de acesso e recursos marinhos. Como resultado foi possível obter estimativas quantitativas para alguns impactos (por exemplo, mudanças no acesso) e aproximações qualitativas para outros (por exemplo, pesca comercial).

Ahiaga-Dagbui *et al.* (2017) avaliaram o número significativo de instalações *offshore* deverão ser descomissionadas no Mar do Norte nos próximos anos. Foi relatado que os operadores enfrentam desafios que impedem a conclusão rentável e segura do

descomissionamento. Foram identificados os desafios tecnológicos e de custo usando entrevista semiestruturada e o principal desafio é a incapacidade de estimar o volume e o custo do trabalho que deve ser realizado. Este problema é agravado por uma cadeia com capacidade e experiência limitadas nessa atividade. Desta forma, é proposto o estabelecimento de um fórum para partilhar experiência e conhecimento.

5.2.3. Artigos na Categoria de Aspectos Legais

Dos artigos pesquisados na categoria de aspectos legais, 2 eram voltados para Austrália e 1 para a regulamentação de diferentes países do mundo.

Techera e Chandler (2015) destacaram que não está claro se os projetos bem-sucedidos nos EUA e RU se repetirão em outras condições físicas e jurídicas. Para isso compararam a atual estrutura legal da Austrália e concluem que esses projetos não são aplicáveis nas plataformas que contemplam recifes artificiais da região. Desta forma, mais estudos serão necessários para ajudar na tomada de decisão.

Chandler *et al.* (2017) discutem que a regulamentação atual na Austrália exige remoção completa dos equipamentos, porém há evidências da formação de recifes artificiais em torno dessas estruturas e a remoção pode ser prejudicial. Outros benefícios sociais, ambientais e econômicos também não estão garantidos. Órgão regulador da Austrália (NOPSEMA) está explorando a possibilidade de políticas de descomissionamento *em situ* (deixar, remoção parcial ou realocação). O estudo mostra que o conservadorismo no tema pode ser prejudicial e não contribui para o conhecimento do tema na região.

Fam *et al.* (2018) expuseram que o descomissionamento de estruturas *offshore* é um problema crescente para as próximas décadas. Assim, examinaram e compararam o regime legal do tema nos países que possuem maior maturidade no assunto. Os resultados dos estudos mostraram que a parte da regulação cobrindo questões técnicas são similares nos diferentes países estudados.

5.2.4. Artigos na Categoria Operacional

Na categoria operacional, 2 dos artigos propunham alternativas de descomissionamento e 1 abordou o mercado prestador de serviço.

Kaiser e Iledare (2006) relataram que descomissionamento é uma atividade especializada da construção marinha e recebeu pouca atenção da academia. O objetivo do artigo foi descrever o negócio, engenharia, e ambiente de mercado do serviço de descomissionamento no Golfo do México, fornecer uma primeira aproximação do número de estruturas que devem ser removidas nos próximos 25 anos, e mostrar para empresas e pesquisadores a importância do tema. O artigo revê os estágios principais do descomissionamento e o processo de gestão e estratégias de negociação são descritas. Como resultado apresentou um modelo de expectativa de vida das instalações no Golfo do México e uma discussão a respeito da incerteza e limitações da análise.

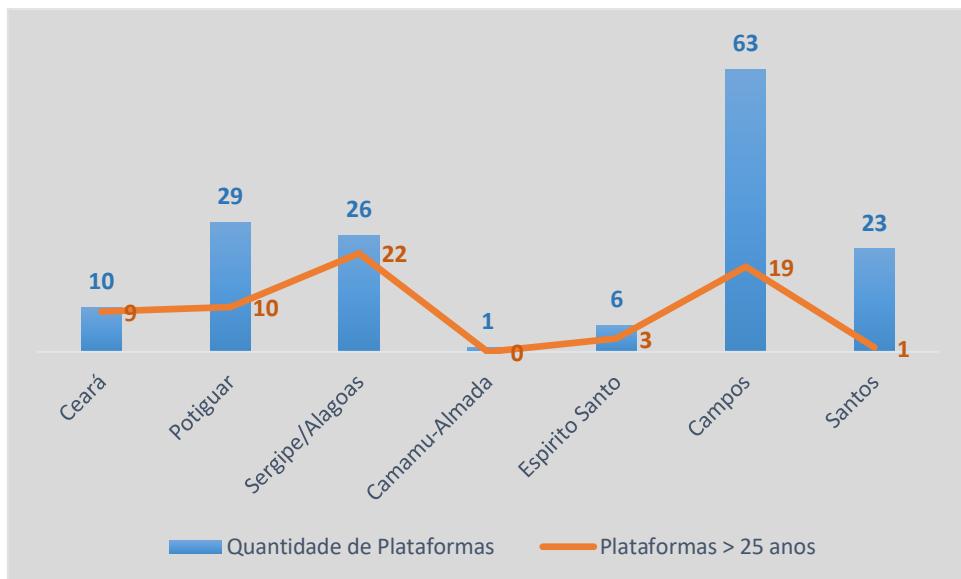
Fowler *et al.* (2014) discutiram sobre centenas de estruturas de óleo e gás offshore no mundo que estão próximas da obsolescência e deverão ser descomissionadas nos próximos anos. Foi relatado que muitos países têm regulações que exigem que as estruturas obsoletas sejam removidas, ainda que essa opção não seja a ideal do ponto de vista ambiental, social e econômico. O objetivo foi propor uma abordagem flexível que permite avaliar opções de descomissionamento para selecionar a partir de uma ampla gama de alternativas e analisando caso a caso. Os autores identificaram as principais opções de descomissionamento e forneceram uma lista dos critérios de seleção para apoiar o processo de decisão. Foram avaliadas e comparadas as opções de descomissionamento selecionadas a partir de uma ampla gama de critérios chave incluindo ambiental, financeiro, socioeconômico e segurança. Para suprir a falta de dados ambientais, foi buscada a opinião de *experts*. A abordagem foi aplicada em uma plataforma no sul da Califórnia e os resultados mostraram que deixar a plataforma intacta daria o melhor resultado em termos ambientais.

Finalmente, Bernstein (2015) descreveu uma análise aprofundada das opções para o descomissionamento de plataformas de petróleo e gás no sul da Califórnia. Como resultado foi construído um modelo matemático de decisão que permite ao usuário explorar as implicações de diferentes opções de projetos de descomissionamento.

5.3. DESCOMISSIONAMENTO NO BRASIL

O Brasil está em um contexto em que a demanda pelo serviço de descomissionamento é crescente. Cerca de 40% das plataformas produtivas já possuem mais de 25 anos e, portanto, estão entrando na fase de abandono.

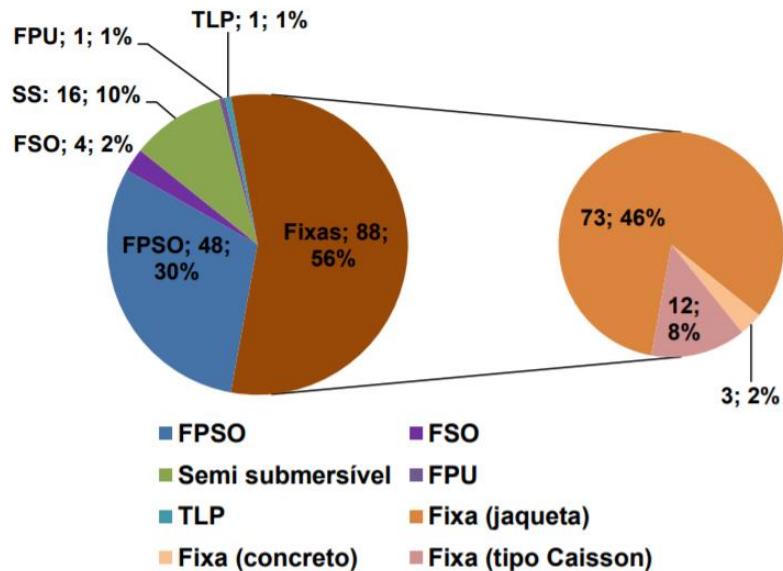
Gráfico 8: Distribuição de Plataformas por Bacias Brasileiras



Fonte adaptado: MAFRA (2018).

Destas, a maioria (56%) são estrutura fixas das quais 83% são jaquetas, ou seja, a grande maioria das plataformas que deverão ser descomissionadas nos próximos anos se enquadram no tipo de descomissionamento mais custoso como foi discutido no tópico 3.2. deste trabalho.

Gráfico 9: Distribuição dos tipos de Plataformas do Brasil



Fonte: MAFRA (2018)

Este cenário brasileiro deixa claro que haverá significativo crescimento no mercado de descomissionamento nacional. Dessa forma, provedores de serviços estrangeiros veem o país como uma oportunidade. (NOGUEIRA, 2019). Carretero (2018) mostra que há forte perspectiva para geração de empregos e renda tanto no planejamento quanto na execução da atividade no Brasil.

6. CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho era identificar, classificar e analisar estudos voltados para o tema descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore*, identificando e classificando estudos já realizados e apontando caminhos para desenvolvimento de futuras pesquisas.

Foram localizados 20 estudos de 1997 até hoje, e após sua divisão em categorias foi possível notar que predominaram artigos abordando aspectos econômicos financeiros, sobretudo voltados para custo do descomissionamento. A categoria Ambiental também recebeu atenção dos pesquisadores, especialmente emissão de gases e a construção de cenários para diferentes opções de descomissionamento.

Aspectos legais e operacionais foram as categorias com menor número de publicações. Assim, são importantes estudos que contribuem para melhorar a regulamentação e a legislação das atividades de descomissionamento, principalmente devido à carência de legislações ambientais que regulamentem estas atividades.

Além dos altos custos, a complexidade do processo de descomissionamento foi ressaltada pelos autores, e muitos chamaram a atenção para uma questão ainda não resolvida: o que causa menor impacto ambiental, a remoção total ou parcial das estruturas?

Os estudos mostram que a fase de descomissionamento possui grande potencial de geração de impactos ambientais negativos, mas também que cada caso é único e precisa ser analisado individualmente para a tomada de decisão do melhor método de descomissionamento.

Adicionalmente, foi possível notar que o Brasil passará por uma onda de descomissionamento nos próximos anos com altos custos. É um desafio a atividade ser executada de maneira pouco custosa e com o mínimo de prejuízo ao meio ambiente. Nesse contexto empresas estrangeiras provedoras de serviços devem se mostrar presentes e um número considerável de empregos devem ser gerados.

REFERÊNCIAS

AHIAGA-DAGBUI, D.; LOVE, P.; WHYTE, A.; BOATENG, P. **Costing and Technological Challenges of Offshore Oil and Gas Decommissioning in the U.K. North Sea**. Journal of Construction Engineering and Management, 143(7), Journal of Construction Engineering and Management, 01 July 2017, Vol.143(7).

ANP. Agência Nacional de Petróleo. Portaria nº 176, de 27 de outubro de 1999: Regulamenta os procedimentos a serem adotados no abandono de poços de petróleo ou gás. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/AGENCIAS/ANP/PT0176-271099.PDF>>. Acesso em: 09 abr 2019.

BERNSTEIN, B. **Evaluating alternatives for decommissioning California's offshore oil and gas platforms**. Integrated Environmental Assessment and Management, 11(4), 537-541, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretrizes metodológicas : **elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados/ Ministério da Saúde**, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia. – Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2012.

BRESSLER, A.; BERNSTEIN, B. **A costing model for offshore decommissioning in California**. Integrated Environmental Assessment and Management, 11(4), 554-563, 2015.

BYRD, R.; VELAZQUEZ, R. **State of the Art of Removing Large Platforms Located in Deep Water. Offshore Technology Conference**. doi:10.4043/12972-MS, 2001.

CANTLE, P.; BERNSTEIN, B. **Air emissions associated with decommissioning California's offshore oil and gas platforms**. Integrated Environmental Assessment and Management, 11(4), 564-571, 2015.

CANADÁ, Pipeline abandonment - a discussion paper on technical and environmental issues. **Neb-one**, 1996. Disponível em: <<https://www.neb-one.gc.ca/prtcptn/pplnbndnmnt/pplnbndnmntchncnvrmntl-eng.html>>. Acesso em 01/04/2019.

CARRETEIRO, R. Cenário global do descomissionamento 2018-2022. **Bepetroleo**, 2019. Disponível em: <<https://bepetroleo.editorabrasilenergia.com.br/cenario-global-do-descomissionamento-2018-2022/>>. Acesso em: 01/07/2019.

CHANDLER, J.; WHITE, E.; TECHERA, E.; GOURVENEC, S.; DRAPER, S. **Engineering and legal considerations for decommissioning of offshore oil and gas infrastructure in Australia**. Ocean Engineering, 131(C), 338-347, 2017.

SCHROEDER, D; LOVE, M. **Ecological and political issues surrounding decommissioning of offshore oil facilities in the Southern California Bight**, Ocean & Coastal Management, Volume 47, Issues 1–2, 2004

EKINS, P.; VANNER, R.; FIREBRACE, J. **Decommissioning of offshore oil and gas facilities: A comparative assessment of different scenarios**. Journal of Environmental Management, 79(4), 420-438, 2006.

FAM, M.; KONOVESSIS, D.; ONG, L.; TAN, H. **A review of offshore decommissioning regulations in five countries – Strengths and weaknesses**. Ocean Engineering, 160, 244-263, 2018.

FOWLER, A.; MACREADIE, P.; JONES, D.; BOOTH, D. **A multi-criteria decision approach to decommissioning of offshore oil and gas infrastructure**. Ocean and Coastal Management, 87(C), 20-29, 2014.

KAISER, M.; PULSIPHER, A., BYRD, R. **Cost of Abrasive Cutting in Decommissioning Operations in the Gulf of Mexico**. Journal of Construction Engineering and Management, 131(1), 137-148, 2005.

KAISER, M.; ILEDARE, W. **The Gulf of Mexico Decommissioning Market**. Journal of Construction Engineering and Management, 132(8), 815-826, 2006.

KAISER, M. **Offshore Decommissioning Cost Estimation in the Gulf of Mexico**. Journal of Construction Engineering and Management, 132(3), 249-258, 2006.

KAISER, M.; LIU, M. **Quantifying Decommissioning Risk in the Deepwater Gulf of Mexico**. The Engineering Economist, 60(1), 1-35, 2014.

KERR, S.; SIDE, J.; GAMBLIN, R. **The quantification of energy consumption and gaseous emissions associated with decommissioning offshore oil and gas installations**. Civil Engineering and Environmental Systems, 15(4), 251-273, 1999.

KRUSE, S.; BERNSTEIN, B.; SCHOLZ, A. **Considerations in evaluating potential socioeconomic impacts of offshore platform decommissioning in California**. Integrated Environmental Assessment and Management, 11(4), 572-583, 2015.

LUCZYNSKI, E. **Os condicionantes para o abandono das plataformas offshore após o encerramento da produção**. Tese (Doutorado em Energia). São Paulo: Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo (USP), 2002.

MAFRA, M. Descomissionamento de instalações marítimas; Perspectivas para o Brasil, **ANP** 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/Palestras/redepetro_mafra_12_07_2018.pdf>. Acesso em 01/07/2019.

MARIANO, J. B. **Proposta de Metodologia de Avaliação Integrada de Riscos e Impactos Ambientais para Estudos de Avaliação Ambiental Estratégica do Setor**

de Petroleo e Gás Natural em Áreas Offshore. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro , 2007.

MEMONLINE. Disponível em: <<https://www.memoireonline.com/02/12/5405/Problematique-de-l-exploitation-petrolier-sur-la-destruction-de-l-environnement-dans-le-territoire.html>>. Acesso em 02/07/2019

NOGUEIRA, P. Descomissionamento no Brasil: a nova fronteira promissora que vai gerar milhares de empregos. **Clickpetroleoegas**, 2019. Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/descomissionamento-no-brasil-a-nova-fronteira-promissora-que-vai-gerar-milhares-de-empregos>>. Acesso em: 01/07/2019.

OLIVEIRA, F. **O Projeto de Monitoramento Ambiental na Etapa de Perfuração de Poços Marítimos de Óleo e Gás no Brasil: Um Estudo de Caso na Bacia de Campos.** 2012. 141p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro.

PARENTE, F; SANTOS, E.; LUCZYNSKI, M. **Offshore decommissioning issues: Deductibility and transferability.** Energy Policy, 34(15), 1992-2001, 2006.

PULSIPHER, AG. (ed.). **Proceedings: An International Workshop on Offshore Lease Abandonment and Platform Disposal: Technology, Regulation and Environmental Effects**, Center for Energy Studies, Louisiana State University, Baton Rouge Louisiana, Abril 1996.

ROUSE, S.; HAYES, P.; DAVIES, I.; WILDING, T. **Offshore pipeline decommissioning: Scale and context.** Marine Pollution Bulletin, 129(1), 241-244, 2018.

RUIVO, M. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore.** Dissertação Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Petróleo, UNICAMP, 2001.

RUSSO, E; RAPOSO, A.; FERNANDO, T; GATTAS, M. **A realidade virtual na Indústria de Exploração e Produção de Petróleo. Realidade Virtual: Conceitos e Tendências**, p. 283-288, 2004.

SANTA-CRUZ, S.; HEREDIA-ZAVONI, E. **Maintenance and decommissioning real options models for life-cycle cost-benefit analysis of offshore platforms.** Structure and Infrastructure Engineering, 7(10), 733-745, 2011.

SILVA, C. **Desenvolvimento das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural sob a ótica da cumulatividade de impactos ambientais.** 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SILVA, C., Petróleo – **Noções sobre Exploração, Perfuração, Produção e Microbiologia**, 1 Ed., Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, C.; FERNANDO, B. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore de petróleo.** In: IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão; 2008, São Paulo. Anais.

SILVA, C.; MAINIER, F. **O descomissionamento aplicado às instalações offshore de produção de petróleo sob a visão crítica ambiental.** Disponível em: http://let.aedb.br/seget/artigos09/265_Descomissioamento%202009%20final.pdf. Acesso em: 11 abr 2019.

SOMMER, B.; FOWLER, A.; MACREADIE, P.; PALANDRO, D.; AZIZ, A.; BOOTH, D. **Decommissioning of offshore oil and gas structures – Environmental opportunities and challenges.** Science of the Total Environment, 658, 973-981, 2019.

TECHERA, E.; CHANDLER, J. **Offshore installations, decommissioning and artificial reefs: Do current legal frameworks best serve the marine environment?** Marine Policy, 59, 53-60., 2015.

UNITED KINGDOM OFFSHORE OPERATORS ASSOCIATION (UKOOA). An assessment of the environmental impacts of decommissioning options for oil and gas installations in the UK North Sea. Aberdeen: Aberdeen University Research and Industrial Services, 1995.

**APÊNDICE A – QUADRO DE ARTIGOS PUBLICADOS SOBRE
DESCOMISSIONAMENTO**

Ambiental						
Ano	Titulo	Autores	Local de Publicação	Problema	Objetivo	Metodologia
					Resultados	
2018	Offshore pipeline decommissioning: Scale and context	Sally Rouse; Peter Hayes; Brian M. Davis; Thomas A. Wildinga	Marine Pollution Bulletin	Os dutos offshore podem ser removidos ou deixados no local. Mas não existem estudos sobre qual a melhor opção em termos ambientais.	Avaliar três diferentes cenários de descomissionamento de dutos na Plataforma Continental do Reino Unido e mostrar sua relação com a pesca	Dados sobre localização e características dos dutos foram obtidos no Oil and Gas UK Common Data Access. O autor considera quatro cenários: deixar os dutos no local, sem intervenção, blindar dutos deixados no local para mitigar o risco de interação com os peixes, estabelecer zona de exclusão ao redor do duto, remover os dutos grandes.
2019	Decommissioning of offshore oil and gas structures – Environmental opportunities and challenges	Brigitte Sommer; Ashley M. Fowler; Peter J. Macreadie; Science of The Total Environment	Science of The Total Environment	Entendimento dos efeitos ambientais das diferentes estratégias de descomissionamento não está completo. O foco no passado era estabelecer uma série de critérios e isso limitou a avaliação dos efeitos do descomissionamento, restringindo as opções de descomissionamento na maior parte das regiões.	Objetivo é rever os efeitos ambientais do descomissionamento, restringindo as opções de descomissionamento na maior parte das regiões.	Analisa estudos de caso e esboça abordagens analíticas que podem avançar nosso entendimento das dinâmicas ecológicas das estruturas de óleo e gás.
2015	Air emissions associated with decommissioning California's offshore oil and gas platforms	Peter Cantle; Brock Bernstein	Integrated Environmental Assessment and Management	Air emissions	apoiar a futura tomada de decisão sobre a escolha entre opções de descomissionamento	A geração de estimativas de emissão de magnitude seria possível usando as estimativas de emissões de harmonia como uma linha de base e, em seguida, aplicando este índice básico todas as plataformas offshore de Califórnia para que o tempo esperado na estação é sabido. No entanto, essa abordagem produziria estimativas engoncadas porque não conta para os diferentes spreads de equipamentos de desmontagem necessários para muitas outras plataformas.
2006	Decommissioning of offshore oil and gas facilities: A comparative assessment of different scenarios	Paul Ekins; Robin Vanner; James Firebrace	Journal of Environmental Management		Objetivo é analisar o fluxo de energia e material, assim como o financeiro, para diferentes cenários de descomissionamento. O cenário de referência é deixar toda a instalação no local.	Realiza uma avaliação comparativa dos resultados não financeiros (especialmente ao ambiental) dos diferentes cenários. Outros cenários são deixar no leito do mar ou removê-la para reciclagem e reaproveitar. Custo de cada cenário com o referência oferece um valor implícito dos resultados não financeiros (ambiental, por exemplo).
2004	Ecological and political issues surrounding decommissioning of offshore oil facilities in the Southern California Bight	Donna M. Schroeder; Milton S. Love	Ocean & Coastal Management	Conflito valores sociais entre os stakeholders da Califórnia exige conhecimento dos impactos ecológicos das várias alternativas de descomissionamento.	Artigo sumariza e clarifica alguns questionamentos e opções do governo federal e do estado da Califórnia frente ao descomissionamento offshore. O cenário de referência é deixar toda a instalação no local.	Importante considerar qualidade do habitat da plataforma, estimativa do impacto regional das alteranças do descomissionamento para populações marinhas, e determinarão dos efeitos bióticos de qualquer contaminação residual.
1997	THE QUANTIFICATION OF ENERGY CONSUMPTION AND GASEOUS EMISSIONS ASSOCIATED WITH DECOMMISSIONING OFFSHORE OIL AND GAS INSTALLATIONS	S. A. Kerr; J. C. Side & R. Gamblin	Civil Engineering and Environmental Systems	Consumo de energia e emissão de gases são fatores determinantes do impacto ambiental associado com o abandono de instalações offshore. Não existe uma metodologia padronizada.	Objetivo é descrever a abordagem adotada e os resultados alcançados usando uma plataforma do Mar do Norte como estudo de caso.	Resultados mostram que em termos de consumo de energia e emissão de gás há pouco diferença escolher remoção total ou parcial. As vantagens de reciclar são prejudicadas pelo custo de transporte para a reciclagem ou material,

Econômico/Financeira					
Ano	Titulo	Autores	Local de Publicação	Problema	Objetivo
					Resultados
2017	Costing and Technological Challenges of Offshore Oil and Gas Decommissioning in the U.K. North Sea	Dominic D. Ahiaogu-Dagbui, Ph.D.; Peter E. D. Love, Ph.D., Sc.D.; Andrew Whittle, Ph.D.; and Prince Boateng, Ph.D.	Journal of Construction Engineering and Management	Número significativo de instalações offshore devem ser descomissionadas no Mar do Norte nos próximos anos. Operadores enfrentam desafios que impedem a conclusão rentável e segura do descomissionamento.	Identificar os desafios tecnológicos e de custo usando entrevista semi-estruturada.
2015	Quantifying Decommissioning Risk in the Deepwater Gulf of Mexico	Mark J. Kaiser & Mingming Liu	The Engineering Economist	Instalações offshore são caras para serem descomissionadas e isso ocorre quando não estão gerando mais receita.	Objetivo é propor uma estrutura analítica para quantificar o risco de descomissionamento comparando o valor do ativo de reserva
2006	Offshore Decommissioning Cost Estimation in the Gulf of Mexico	Mark J. Kaiser	TECHNICAL PAPERS	Descomissionamento envolve métodos padronizados, com baixa tecnologia e um período curto de tempo. Offshore é mais caro e incerto devido as condições do mar. Estimar o custo dessa operação é importante, frequentemente é considerado o custo financeiro das diferentes alternativas de descomissionamento.	Objetivo é fornecer uma visão global dos impactos do estágio primário de descomissionamento e descrever uma metodologia geral para estimar o custo.
2015	Considerations in evaluating potential socio-economic impacts of offshore platform decommissioning in California	Sarah A Kruse; Brock Bernstein; Astrid J Scholz	Integrated Environmental Assessment and Management	As 27 plataformas de petróleo e gás offshore sul da Califórnia a cabará por chegar ao fim de suas vidas úteis (estimado entre 2015 e 2030) e será desativado.	Para auxiliar a Agência de recursos naturais da Califórnia na compreensão dessas questões, avaliamos os potenciais impactos socioeconômicos das 2 opções mais prováveis: renovação completa e remoção parcial da estrutura para 35 pés abaixo da linha de água com o restante estrutura a deixada no lugar como um recife artificial — geralmente definida como uma estrutura feita pelo homem com aletas/arronadiadas que imlimam.umrecife .
2006	Offshore decommissioning issues: Deductibility and transferability	Virginia Parente; Donevan Ferreira; Edmilson Santos; Estanislau Lucynski	Energy Policy	Empresas tem pouca experiência com descomissionamento das plataformas. Mesmo já existindo práticas para as melhores práticas no setor de manifolds, por exemplo, cada país pratica seu estilo na regulamentação das atividades de descomissionamento.	Artigo discute de forma ampla, concentrando em dois aspectos: análise da dedutibilidade ex ante do custo de descomissionamento sendo ele uma despesa ex post, e o segundo a questão da responsabilidade sobre o descomissionamento no caso de transferência dos direitos de exploração e produção para outra empresa.
2015	A costing model for offshore decommissioning in California	Andrew Bressler; Brock B Bernstein	Integrated Environmental Assessment and Management	As 27 plataformas offshore de petróleo e gás da Califórnia alcançar o fim de suas vidas úteis em algum momento no futuro próximo e exigirão o desmantelamento.	Nós descrevemos o projeto e o uso de um modelo de decisão matemático que fornece estimativas de custo detalhadas da remoção completa e parcial (a 65 pés abaixo da linha de água) para a plataformas offshore da Califórnia
					Utilizamos o mais recente serviço de gestão de minerais (MMS) agora o Bureau de gestão de energia oceânica [BOEM] e Bureau de Segurança e aplicação ambiental [BSEE] estimativas de custo para o desmantelamento de plataformas de petróleo e gás offshore Califórnia
					Analises que tentam o nível de análise de custo detalhado que realizamos sem uma ferramenta de decisão como plataforma seria, pelo menos, muito caro e muito provavelmente inviável.

Legal/Operacional							
Ano	Título	Autores	Local de publicação	Problema	Objetivo		
					Metodologia		
					Resultados		
2017	Engineering and legal considerations for decommissioning of oil and gas infrastructure in Australia	John Chandler; David White; Erka J.Tchera; Susan Gauvin; Scott Draper	Ocean Engineering	Regulamentação atual na Austrália exige remoção completa, mas há evidências da formação de recife artificiais em torno dessas estruturas e sua remoção pode ser prejudicial. Outros benefícios sociais, ambientais e econômicos também não estão garantidos.	O artigo começa por abordar o conhecimento de engenharia na área, mostrando o conservadorismo da metodologia a tua para avaliar a integridade da descomissionamento das instalações offshore. Explora o ambiente da Austrália.	As evidências necessárias envolvidas em grande parte as disciplinas de engenharia e ciências naturais, mas também campos como gestão ambiental, econômica, ciências sociais e direito. Se a Austrália progrediu numa mudança de política de desmantelamento in situ, será necessário uma investigação em todas estas áreas no contexto nacional específico.	Contribui para conhecimento na área sobre descomissionamento in situ e estabelece uma agenda multidisciplinar para pesquisa.
2018	A review of offshore decommissioning regulations in five countries – Strengths and weaknesses	M. L. Fam; D. Konovics; L. S. Ocean Engineering Ong; H. K. Tan	Ocean Engineering	Descomissionamento de estruturas offshore problema crescente para as próximas décadas reguladoras nos países que têm mais experiência como RU, Noruega e EUA.	Objetivo é examinar o regime legal para a descomissionamento no mundo e um sumário das reguladoras nos países que têm mais experiência como RU, Noruega e EUA.	Diferenças foram identificadas em termos de preparação para descomissionamento/exigências técnicas, exigências ambientais adicionais e estudos finastra de segurança.	Maior parte da legislação cobrindo questões técnicas são similares nos países estudados. Principal diferença estão em duas filosofias abrangência da estrutura e regime prescrito versus regime estabelece metas. Outro aspecto que merece atenção é clara crescente quanto ao descomissionamento em situ, passivos restantes, otimização financeira relacionada a questões de descomissionamento e movimento de resíduos offshore para o oceano. Essa é a mudança na estrutura existente.
2015	Offshore installations, decommissioning and artificial reefs: Do current legal frameworks best serve the marine environment?	Erika J.Tchera; John Chandler	Marine Policy	Imuneras instalações deverão ser descomissionadas nas próximas décadas. Os custos financeiros são elevados e a possibilidade de deixar parte das instalações no local são atrativas. Não está claro se os projetos bem sucedidos nos EUA e o exterior em outras condições físicas e jurídicas.	Objetivo é explorar a atual estrutura legal da Austrália comparada com os EUA e o RU.	Recomendações para futuro desenvolvimento na área.	é evidente que, para as espécies alvo, os ecossistemas podem ajudar particularmente no contexto da expansão dos projectos de agricultura. 55 embora ainda haja muito a ser feito, é evidente que a investigação foi empreendida a que se desenvolveu um corpo de literatura. 56 muito foi dada menos atenção à análise crítica de possíveis quatos jurídicos para o avanço das opções de comissionamento.
2015	Evaluating alternatives for decommissioning California's offshore oil and gas platforms	Brock B Bernstein	Integrated Environmental Assessment and Management	Este artigo apresenta uma série de 6 artigos adicionais que descrevem uma análise aprofundada das opções para o desmantelamento de plataformas de petróleo e gás offshore no sul da Califórnia.	Objetivo é explorar a atual estrutura legal que descreve uma análise aprofundada das opções para o desmantelamento de plataformas de petróleo e gás offshore no sul da Califórnia.	Recomendações para futuro desenvolvimento na área.	Modelo matemático de decisão que permite ao usuário explorar as implicações de diferentes opções de projetos de descomissionamento.
2014	A multi-criteria decision approach to decommissioning of oil and gas infrastructure	A.M. Fowler; P.J. Macrae; D.O.B. Jones; D.J. Booth	Ocean & Coastal Management	Centenas de estruturas de óleo e gás offshore no mundo estão próximas da obsolescência e devem ser descomissionada nos próximos anos. Muitos países tem regulações que exigem que as estruturas obsoletas seja removidas, ainda que essa opção não seja a ideal do ponto de vista ambiental, social e econômico.	O objetivo é propor uma abordagem flexível que permite avaliar opções de descomissionamento para selecionar a partir de uma ampla gama de alternativas e analisando caso a caso.	Os autores identificaram as principais opções de descomissionamento e forneceram uma lista geográfica dos critérios de seleção para inclusão no processo de decisão MA. Avaliar e comparar as opções de descomissionamento selecionadas a partir de uma ampla gama de critérios deve incluir ambiental, financeiro, socioeconômico, e de segurança. Para a suprir a falta de dados ambientais, foi buscada opinião de experts.	A estrutura da MA, para abordar o problema, força a consideração dos trade-offs e envolve diretamente os participantes no processo de decisão. Fazendo a consideração dos impactos descomissionamento sobre o ambiente, social e econômico, e a avaliação de todos esses fatores, de forma simultânea. A abordagem do MA no aplicada em uma plataforma no sul da Califórnia e os resultados mostraram que debar a plataforma inicia daria o melhor resultado, em termos ambientais.
2006	The Gulf of Mexico Decommissioning Market	Mark J. Kaiser and Wumi O. Illedare	TECHNICAL PAPERS	Descomissionamento é uma atividade especializada da construção marinha e recebeu pouca atenção da academia.	O objetivo é descrever o região, engenharia, e ambiente de mercado do serviço de descomissionamento no Golfo do México e fornecer um primeiro aprofundamento do número de estruturas que devem ser removidas nos próximos 25 anos.	Modelos de remoção e de previsão de 50 anos	Mostra para empresas e pesquisadores a importância do tema. Nela os estudos principais do descomissionamento e o processo de gestão e estratégias de negociação são descritas. Apresenta um modelo de expectativa de vida das instalações no Golfo do México e uma discussão do modelo de incerteza e limitações da análise.

Universidade de São Paulo

Engenharia de Petróleo – Escola Politécnica

Número: 7492812USP

Data: 03/07/2019



Descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore*: revisão sistemática

Rodrigo Sartori de Albuquerque

Orientador: Prof. Drª Regina Branski

Artigo Sumário referente à disciplina PMI1096 – Trabalho de Formatura para Engenharia de Petróleo II

Este artigo foi preparado como requisito para completar o curso de Engenharia de Petróleo na Escola Politécnica da USP. 2018v11.

Template versão

Resumo

O interesse dos pesquisadores pelo descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore* vem crescendo ao longo dos anos no mundo todo. O objetivo do trabalho era identificar, classificar e analisar estudos no tema descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore* e apontar caminhos para futuras pesquisas. A metodologia utilizada é a revisão sistemática da literatura de artigos publicados entre 1997 e março de 2019 em periódicos científicos nacionais e internacionais selecionados. Foram analisados vinte artigos. Todos estudos mostram que a fase de descomissionamento tem grande potencial para gerar impactos ambientais negativos e que novas pesquisas devem contribuir para a tomada de decisão quanto a escolha do melhor método de descomissionamento.

Abstract

Researchers' interest in the decommissioning of offshore oil platforms has been growing over the years all over the world. The objective of the work was to identify, classify and analyze studies developed in decommissioning of offshore oil platforms pointing out ways for future research. The methodology used is the systematic review of the literature of articles published between 1997 and 2019 March in selected national and international scientific journals. All studies show that the decommissioning phase has great potential to generate negative environmental impacts, which requires new studies that must collaborate for analysis and use as a basis for decision making in choosing the decommissioning method.

Introdução

A vida útil de um campo de petróleo varia entre menos de 10 a mais de 25 anos. Após esse período, as instalações comumente são descomissionadas e os poços são fechados conforme as determinações dos órgãos competentes, como a Agência Nacional do Petróleo (ANP), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), e outros (Mariano, 2015).

O processo de descomissionamento é um processo delicado, pois exige um método muito bem detalhado e delineado, e requer uma equipe multidisciplinar, envolvendo variáveis relacionadas às diversas áreas da engenharia como, por exemplo, ambiental, financeira e segurança do trabalho, além de também depender das políticas vigentes e do bem-estar social (SILVA, 2019).

Estima - se que cerca de 6.500 plataformas de produção offshore serão descomissionadas até 2025, e que o custo total dos descomissionamentos serão de aproximadamente 40 bilhões de dólares, destes 15 bilhões oriundos do Mar do Norte (SILVA, 2019) Tais características implicam em uma forte demanda para o serviço de descomissionamento mundial e crescente estudo sobre o tema que ainda enfrenta diversos obstáculos.

O objetivo do trabalho é identificar, classificar e analisar estudos no tema descomissionamento de plataformas de petróleo *offshore*, e apontar caminhos para futuras pesquisas.

Metodologia: Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática da literatura (RS) é um método de síntese de evidências que identifica todas as pesquisas relevantes disponíveis para uma questão particular, área do conhecimento ou fenômeno de interesse. Por se tratar de método explícito e sistemático para identificar, selecionar e avaliar a literatura, é uma metodologia confiável, rigorosa e auditável (BRASIL, 2012)

As etapas da metodologia estão expostas na Figura 1:

Figura 1 – Etapas da revisão sistemática



Fonte: Adaptado do Centre for Reviews and Dissemination (2009)

Sendo assim, foi realizada busca sobre artigos que tratam do processo de descomissionamento, a fim de identificar principais periódicos, ano das publicações, categorias e temas estudados.

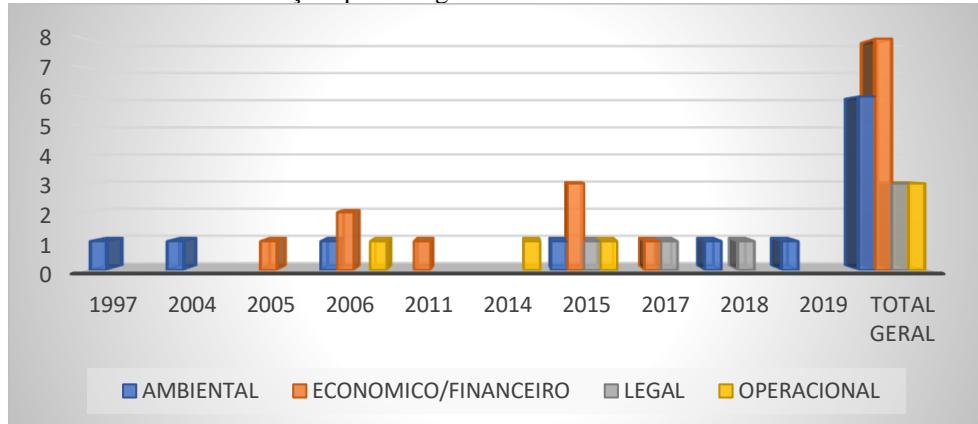
As estratégias de busca foram:

- Escolher apenas artigos em inglês revisados por pares do portal periódicos mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) para uma melhor qualidade de pesquisa.
- Utilizar as palavras “*decommissioning offshore*” como chave de busca
- A primeira publicação identificada no Banco de Dados CAPES ocorreu no ano de 1997. Foram levantados artigos a partir desde essa data até o março de 2019.
- Os artigos foram classificados em 4 categorias – Ambiental; Aspectos Legais; Econômico/Financeiro e Operacional – e, dentro de cada categoria, pelo tema estudado.

Selecionaram-se 20 artigos que foram classificados na planilha Excel (Apêndice A). Destacando informações sobre o periódico como autores, países, problema abordado, objetivo, metodologia e resultados alcançados.

Resultados

De maneira geral, a maior parte dos estudos envolveu aspectos econômicos (8 estudos), seguido do ambiental (6 estudos). Foram menos estudadas questões legais e operacionais do descomissionamento. Porém, cabe notar que questões ambientais sempre estiveram presentes ao longo do tempo. A seguir serão analisados os artigos de cada categoria.

Gráfico 1: Publicações por Categoria

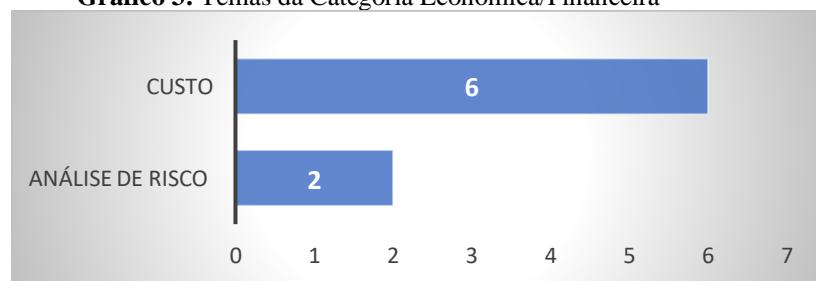
Artigos na Categoria Ambiental

A categoria Ambiental foi a mais bem distribuída com relação aos anos de publicação. O principal enfoque dessas pesquisas foi dado com relação às emissões de gases como pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2: Temas da Categoria Ambiental

Artigos na Categoria Econômica/Financeira

Os artigos da categoria econômico/financeiros abordaram 2 principais temas: custo e análise de risco. Pelo resultado exposto fica nítido que há forte preocupação com o custo envolvido no procedimento (Gráfico 3).

Gráfico 3: Temas da Categoria Econômica/Financeira

Artigos na Categoria Aspectos Legais

Dos artigos pesquisados na categoria de aspectos legais, 2 eram voltados para Austrália e 1 para a regulamentação de diferentes países do mundo. Isso é consequência de um ponto polêmico em que há dúvidas se o descomissionamento é a melhor opção tendo em vista a proliferação de recifes artificiais em diversas plataformas da região.

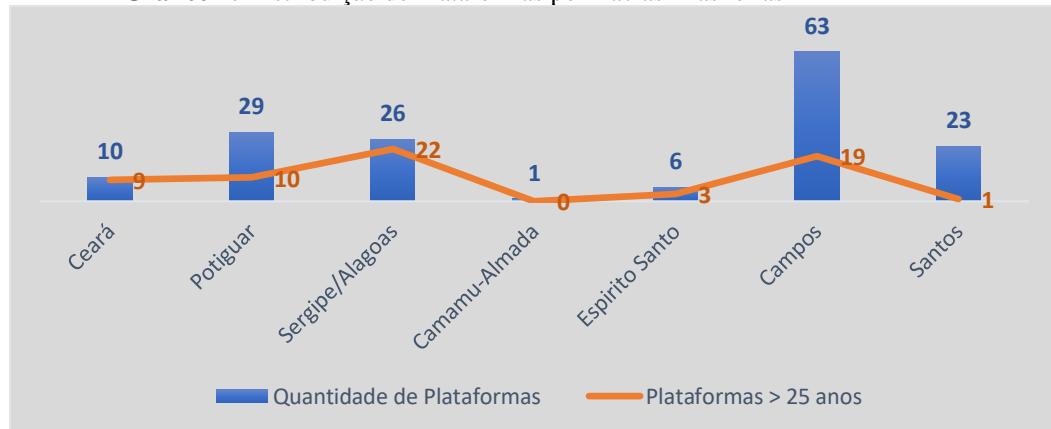
Artigos na Categoria Operacional

Nesta categoria foi-se discutido principalmente alternativas viáveis tanto ecologicamente quanto economicamente para o descomissionamento. Outro assunto tratado nesta seção foi o mercado pretendedor de serviço de descomissionamento que tende a ser crescente nos próximos anos no mundo.

Descomissionamento no Brasil

Como pode ser observado no Gráfico 4 grande parte das plataformas brasileiras estão em estágio final (mais de 25 anos). Isto é, mais de 40% das plataformas nacionais devem passar por processo de descomissionamento nos próximos anos.

Gráfico 4: Distribuição de Plataformas por Bacias Brasileiras



Fonte adaptado: MAFRA (2018).

Tendo em vista que a maioria delas (56%) são plataformas fixas (MAFRA, 2018) o capital demandado para o serviço de descomissionamento nacional será enorme. Assim, há fortes perspectivas positivas na geração de empregos e rendas neste setor. Sendo elas tanto para o planejamento, quanto para a execução.

Conclusão

O objetivo do trabalho era identificar, classificar e analisar estudos voltados para o tema descomissionamento de plataformas de petróleo offshore, identificando e classificando estudos já realizados e apontando caminhos para desenvolvimento de futuras pesquisas.

Foram localizados 20 estudos de 1997 até hoje, e após sua divisão em categorias foi possível notar que predominaram artigos abordando aspectos econômicos financeiros, sobretudo voltados para custo do descomissionamento. A categoria Ambiental também recebeu atenção dos pesquisadores, especialmente emissão de gases e a construção de cenários para diferentes opções de descomissionamento.

Além dos altos custos, a complexidade do processo de descomissionamento foi ressaltada pelos autores, e muitos chamaram a atenção para uma questão ainda não resolvida: o que causa menor impacto ambiental, a remoção total ou parcial das estruturas?

Os estudos mostram que a fase de descomissionamento possui grande potencial de geração de impactos ambientais negativos, mas também que cada caso é único e precisa ser analisado individualmente para a tomada de decisão do melhor método de descomissionamento.

Adicionalmente, foi possível notar que o Brasil passará por uma onda de descomissionamento nos próximos anos o que pode ser encarado como uma oportunidade para geração de

Referências

- AHIAGA-DAGBUI, D.; LOVE, P.; WHYTE, A.; BOATENG, P. **Costing and Technological Challenges of Offshore Oil and Gas Decommissioning in the U.K. North Sea.** *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(7), Journal of Construction Engineering and Management, 01 July 2017, Vol.143(7).
- ANP. Agência Nacional de Petróleo. Portaria nº 176, de 27 de outubro de 1999: Regulamenta os procedimentos a serem adotados no abandono de poços de petróleo ou gás. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/AGENCIAS/ANP/PT0176-271099.PDF>> Acesso em: 09 abr 2019.
- BERNSTEIN, B. **Evaluating alternatives for decommissioning California's offshore oil and gas platforms.** *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(4), 537-541, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretrizes metodológicas : **elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados/ Ministério da Saúde**, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia. – Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2012.
- BRESSLER, A.; BERNSTEIN, B. **A costing model for offshore decommissioning in California.** *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(4), 554-563, 2015.
- BYRD, R.; VELAZQUEZ, R. **State of the Art of Removing Large Platforms Located in Deep Water.** *Offshore Technology Conference*. doi:10.4043/12972-MS, 2001.
- CANTLE, P.; BERNSTEIN, B. **Air emissions associated with decommissioning California's offshore oil and gas platforms.** *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(4), 564-571, 2015.
- CANADÁ, Pipeline abandonment - a discussion paper on technical and environmental issues. **Neb-one**, 1996. Disponível em: <<https://www.neb-one.gc.ca/prtcptn/pplnbndnmnt/pplnbndnmntchncnvrnmntl-eng.html>>. Acesso em 01/04/2019.
- CARRETEIRO, R. Cenário global do descomissionamento 2018-2022. **Bepetroleo**, 2019. Disponível em: <<https://bepetroleo.editorabrasilenergia.com.br/cenario-global-do-descomissionamento-2018-2022/>>. Acesso em: 01/07/2019.
- CHANDLER, J.; WHITE, E.; TECHERA, E.; GOURVENEC, S.; DRAPER, S. **Engineering and legal considerations for decommissioning of offshore oil and gas infrastructure in Australia.** *Ocean Engineering*, 131(C), 338-347, 2017.
- SCHROEDER, D; LOVE, M. **Ecological and political issues surrounding decommissioning of offshore oil facilities in the Southern California Bight**, *Ocean & Coastal Management*, Volume 47, Issues 1–2, 2004
- EKINS, P.; VANNER, R.; FIREBRACE, J. **Decommissioning of offshore oil and gas facilities: A comparative assessment of different scenarios.** *Journal of Environmental Management*, 79(4), 420-438, 2006.
- FAM, M.; KONOUESSIS, D.; ONG, L.; TAN, H. **A review of offshore decommissioning regulations in five countries – Strengths and weaknesses.** *Ocean Engineering*, 160, 244-263, 2018.
- FOWLER, A.; MACREADIE, P.; JONES, D.; BOOTH, D. **A multi-criteria decision approach to decommissioning of offshore oil and gas infrastructure.** *Ocean and Coastal Management*, 87(C), 20-29, 2014.
- KAISER, M.; PULSIPHER, A., BYRD, R. **Cost of Abrasive Cutting in Decommissioning Operations in the Gulf of Mexico.** *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(1), 137-148, 2005.
- KAISER, M.; ILEDARE, W. **The Gulf of Mexico Decommissioning Market.** *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(8), 815-826, 2006.
- KAISER, M. **Offshore Decommissioning Cost Estimation in the Gulf of Mexico.** *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(3), 249-258, 2006.
- KAISER, M.; LIU, M. **Quantifying Decommissioning Risk in the Deepwater Gulf of Mexico.** *The Engineering Economist*, 60(1), 1-35, 2014.

- KERR, S.; SIDE, J.; GAMBLIN, R. **The quantification of energy consumption and gaseous emissions associated with decommissioning offshore oil and gas installations.** Civil Engineering and Environmental Systems, 15(4), 251-273, 1999.
- KRUSE, S.; BERNSTEIN, B.; SCHOLZ, A. **Considerations in evaluating potential socioeconomic impacts of offshore platform decommissioning in California.** Integrated Environmental Assessment and Management, 11(4), 572-583, 2015.
- LUCZYNSKI, E. **Os condicionantes para o abandono das plataformas offshore após o encerramento da produção.** Tese (Doutorado em Energia). São Paulo: Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo (USP), 2002.
- MAFRA, M. Descomissionamento de instalações marítimas; Perspectivas para o Brasil, ANP 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/Palestras/redepetro_mafra_12_07_2018.pdf>. Acesso em 01/07/2019.
- 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.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- MEMONLINE. Disponível em: <<https://www.memoireonline.com/02/12/5405/Problematique-de-l-exploitation-petrolier-sur-la-destruction-de-l-environnement-dans-le-territoire.html>>. Acesso em 02/07/2019
- NOGUEIRA, P. Descomissionamento no Brasil: a nova fronteira promissora que vai gerar milhares de empregos. **Clickpetroleoegas**, 2019. Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/descomissionamento-no-brasil-a-nova-fronteira-promissora-que-vai-gerar-milhares-de-empregos>>. Acesso em: 01/07/2019.
- OLIVEIRA, F. **O Projeto de Monitoramento Ambiental na Etapa de Perfuração de Poços Marítimos de Óleo e Gás no Brasil: Um Estudo de Caso na Bacia de Campos.** 2012. 141p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro.
- PARENTE, F; SANTOS, E.; LUCZYNSKI, M. **Offshore decommissioning issues: Deductibility and transferability.** Energy Policy, 34(15), 1992-2001, 2006.
- PULSIPHER, AG. (ed.). **Proceedings: An International Workshop on Offshore Lease Abandonment and Platform Disposal: Technology, Regulation and Environmental Effects**, Center for Energy Studies, Louisiana State University, Baton Rouge Louisiana, Abril 1996.
- ROUSE, S.; HAYES, P.; DAVIES, I.; WILDING, T. **Offshore pipeline decommissioning: Scale and context.** Marine Pollution Bulletin, 129(1), 241-244, 2018.
- RUIVO, M. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore.** Dissertação Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Petróleo, UNICAMP, 2001.
- RUSSO, E; RAPOSO, A.; FERNANDO, T; GATTAS, M. **A realidade virtual na Indústria de Exploração e Produção de Petróleo. Realidade Virtual: Conceitos e Tendências**, p. 283-288, 2004.
- SANTA-CRUZ, S.; HEREDIA-ZAVONI, E. **Maintenance and decommissioning real options models for life-cycle cost-benefit analysis of offshore platforms.** Structure and Infrastructure Engineering, 7(10), 733-745, 2011.
- SILVA, C. **Desenvolvimento das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural sob a ótica da cumulatividade de impactos ambientais.** 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SILVA, C., Petróleo – **Noções sobre Exploração, Perfuração, Produção e Microbiologia**, 1 Ed., Editora Interciênciia, Rio de Janeiro, 2003.
- SILVA, C.; FERNANDO, B. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore de petróleo.** In: IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão; 2008, São Paulo. Anais.
- SILVA, C.; MAINIER, F. **O descomissionamento aplicado às instalações offshore de produção de petróleo sob a visão crítica ambiental.** Disponível em: http://let.aedb.br/seget/artigos09/265_Descomissionamento%202009%20final.pdf. Acesso em: 11 abr 2019.
- SOMMER, B.; FOWLER, A.; MACREADIE, P.; PALANDRO, D.; AZIZ, A.; BOOTH,D. **Decommissioning of offshore oil and gas structures – Environmental opportunities and challenges.** Science of the Total Environment, 658, 973-981, 2019.
- TECHERA, E.; CHANDLER, J. **Offshore installations, decommissioning and artificial reefs: Do current legal frameworks best serve the marine environment?** Marine Policy, 59, 53-60., 2015.
- UNITED KINGDOM OFFSHORE OPERATORS ASSOCIATION (UKOOA). An assessment of the environmental impacts of decommissioning options for oil and gas installations in the UK North Sea. Aberdeen: Aberdeen University Research and Industrial Services, 1995.