



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



**ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE
JOAQUIM VENÂNCIO**

Giovanna Ramos Porto

**EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E SEUS IMPACTOS NO ECOSSISTEMA
MARINHO**

Rio de Janeiro

2021

Giovanna Ramos Porto

EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E SEUS IMPACTOS NO ECOSISTEMA
MARINHO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Escola Politécnica de Saúde
Joaquim Venâncio como requisito parcial para
aprovação no curso técnico de nível médio em
saúde com habilitação em Biotecnologia

Orientador: Daniel Souza

Co-orientador: Simone Ribeiro

Rio de Janeiro

2021

Dedico esse trabalho a minha mãe

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a minha família e todos os amigos que me ajudaram até aqui nesta trajetória árdua do ensino médio. Agradeço também a Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio - Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV - Fiocruz), por me dar a oportunidade de realizar esta pesquisa.

O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano. Mas o que seria o oceano se não infinitas gotas?

Isaac Newton

RESUMO

Países buscam mediar sua economia através de exploração de riquezas naturais, como o petróleo, e no Brasil principalmente entorno do pré-sal. Essa exploração quando feita sem a fiscalização necessária de órgãos responsáveis pode gerar grandes impactos ambientais. Este trabalho busca entender como essa exploração afeta o habitat de espécies da fauna e flora marinha, analisando alguns eventos que geraram derramamento de óleo poluindo e modificando a estrutura do ecossistema local.

Palavras-chave: derramamento de petróleo, ecossistema marinho, pré-sal

LISTA DE FIGURAS

	Figura 5.1: Evolução do recorde mundial da produção de plataforma continental	
14	
	Figura 5.2: Área do pré-sal com destaque ao bloco de Libra	
15	
	Figura 5.3: Plataforma auto-elevável	
16	
	Figura 5.4: Plataforma jaqueta	
17	
	Figura 5.5: Plataforma torre complacente	
17	
	Figura 5.6: Plataforma de gravidade com base de concreto	
17	
	Figura 5.7: Plataforma semissubmersível	
18	
	Figura 5.8: Plataforma TLP	
18	
	Figura 5.9: Plataforma SPAR	
19	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	12
2.1. OBJETIVO GERAL	12
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	12
3 JUSTIFICATIVA	13
4 METODOLOGIA.....	14
5 CAPÍTULO 1	15
5.1. EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO: COMO FUNCIONA?.....	15
5.2. ETAPAS DA EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO.....	17
5.2.1. PROSPECÇÃO	17
5.2.2. PERFURAÇÃO.....	18
5.2.3 AVALIAÇÃO DE FORMAÇÕES	22
5.2.4. COMPLETAÇÃO	23
5.3. MARCO REGULATÓRIO	23
6 CAPÍTULO 2	25
6.1. INFLUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA.....	25
6.2. DERRAMAMENTO DE ÓLEO E POLUIÇÃO DO AMBIENTE MARINHO.....	26
6.3. ACIDENTE NA FPSO CIDADE DO RIO DE JANEIRO DA EMPRESA MODEC NA BACIA DE CAMPOS	28
7 CONCLUSÃO	
8 REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

Os derramamentos de óleo são uma ameaça ambiental por seu alto poder destrutivo. Podem ocorrer no solo ou na água (baía e mares), e quando ocorrem no mar é caracterizado como poluição do ecossistema marinho, que acarretam problemas ligados diretamente a saúde, pesca e lazer da comunidade do entorno (PEREIRA, 2009). Geralmente ocorre em oleodutos de produção e exploração de petróleo, tendo como região mais suscetível a zona costeira (MARTINHO, 2016). Segundo GUERRA (2015) o óleo pode ser definido como: “[..] uma mistura complexa que contém uma grande quantidade de substâncias químicas, possuindo em sua constituição diferentes características físicas, químicas e toxicológicas” (pág. 16). Por possuir uma estrutura complexa, os óleos e seus derivados quando entram em contato com a água formam um filme superficial que bloqueia a passagem de luz impossibilitando que algas e outras plantas realizem fotossíntese. Os derramamentos são acidentes em que, por exemplo, oleodutos que conduzem o petróleo se rompem, podendo ser por biofilmes que são um aglomerado de microrganismos junto com uma matriz extracelular que possuem a característica corrosiva, e acidentalmente (mas quando sua causa é a falta de fiscalização, não pode ser considerado um acidente) ocorre o vazamento para os mares. (PEREIRA, 2009)

O petróleo é uma matéria prima bruta utilizada em vários campos industriais. Segundo o site oficial da Petrobras¹, os derivados petroquímicos se encontram na indústria têxtil, automotiva, cosmética, entre outras, além de ser uma das principais fontes de energia utilizada hoje em dia no Brasil, ficando atrás da energia hidrelétrica, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA)². Com isso, a indústria petroquímica movimenta a economia, gerando interesse na exploração e na busca por novos polos petrolíferos. Com o aumento da tecnologia, inovação e o investimento que o Brasil tem entorno do pré-sal, esta indústria possui as maiores embarcações para transporte da matéria prima, que chega a ter a capacidade de comportar meio milhão de óleo bruto, sendo assim é possível notar que uma falha pode causar danos irreparáveis ao ecossistema, afetando toda a fauna e flora que estão além do ambiente marinho, que vivem em equilíbrio natural (GUERRA, 2015). Danos que podem dizimar o habitat chegando a 50%

¹ <<http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/conheca-os-derivados-do-petroleo-que-fazem-parte-do-cotidiano.htm>> Acesso em: 18/09/2019

² <<https://www.iea.org/statistics/country=WORLD&year=2016&category=Electricity&indicator=ElecGenByFuel&mode=chart&dataTable=ELECTRICITYANDHEAT>> Acesso em: 18/09/2019

das causas de extinções de espécies, sendo as mais suscetíveis as que têm menos poder de locomoção quando há algum desequilíbrio (SILVA, 2000).

Podem-se citar alguns acidentes de grandes proporções que ocorreram ao redor do mundo, envolvendo derramamento de petróleo em grande escala. Por exemplo, MV Argo Merchant que ocorreu em 1976 na costa de Massachusetts, atingindo cerca de 17 mil m³ sendo considerado um dos maiores acidentes da história, juntamente com a explosão da Deepwater Horizon no Golfo do México em 2010. Mas não pode se limitar esses acidentes ao exterior, pois também houve caso de derramamento de óleo no Brasil, na Baía de Guanabara Rio de Janeiro em 2000, que apesar de não ter sido em grande escala quantos os outros eventos citados, afetou todo o ecossistema existente com danos irreversíveis, exterminando qualquer tipo de vida que havia, comprometendo a pesca e outras atividades econômicas que dependiam da Baía, e que deixam suas consequências até os dias atuais (GUERRA, 2015; GOMES, 2000).

O Brasil atualmente busca investir no pré-sal, que são rochas de carbonato microbial que se encontram no litoral de Espírito Santo até Santa Catarina mais especificamente são 200 km de largura, está na Bacia de Campos ao norte e a Bacia de Santos ao sul, e 3000 metros de profundidade a partir do solo marítimo, composto do sal que possui grande capacidade para a exploração de petróleo (MORAIS, 2013 p.219). A composição dessas rochas e o seu potencial de exploração de gás e petróleo ainda é pouco conhecida, mas sua produção é entorno de 1.303.205 barris/dia na Bacia de Santos 1.191.513 barris/dia Bacia de Campos em janeiro de 2019 segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)³.

Tendo em vista que há uma grande produção de barris de petróleo principalmente após o descobrimento do pré-sal, é necessário ressaltar a importância da fiscalização intensa de órgãos reguladores. Segundo LEITE (2012) as agências reguladoras como ANP, Ministério das Minas e Energia, Ministério das Ciências e Tecnologia, Petrobras, estão interessadas somente em expandir o Projeto Pré-Sal, ignorando a notória chance de acidente devido principalmente, a questão sísmica da área que estão localizadas as Baías de Campos e Santos. Acidentes que caso ocorram afetarão toda a cadeia produtiva da fauna e flora marinha, trazendo problemas econômicos à comunidade costeira que usufrui desse ecossistema para obter seu capital.

³<http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal-Producao_etroleo_Gas_Natural/boletim-janeiro-2019.pdf> Acesso em: 20/11/2019

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Entender os impactos provocados pelo petróleo e sua exploração em ecossistemas marinhos.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- 1) Compreender o processo de exploração do petróleo.
- 2) Compreender a influência da exploração petrolífera nos ecossistemas e espécies locais.
- 3) Identificar os principais impactos ambientais gerados em ecossistemas aquáticos.
- 4) Estudar acidentes que envolveram derramamento de óleo.

3. JUSTIFICATIVA

Atualmente a política econômica do petróleo existente nos países, tanto na exploração de áreas petrolíferas “consolidadas” quanto na busca por novas áreas, afetam no equilíbrio ambiental principalmente dos mares em que estão localizados os polos de exploração. Os derramamentos de óleo geram malefícios indo além da poluição dos mares, chegando a afetar a vida marinha tanto de animais que morrem sufocados por falta de oxigênio ou intoxicados, plantas morrem por conta do bloqueio de luz que o petróleo gera, impossibilitando-as de realizar a fotossíntese e até aves que dependem do ecossistema marinho para se alimentar, que quando vão mergulhar para pegar um peixe, o óleo fica impregnado nas penas e com isso morrem devido ao afogamento. Com isso, é importante abordarmos esse assunto, buscando soluções plausíveis que resolvam o problema tanto de derramamento de óleo quanto do desequilíbrio que é gerado no ecossistema.

4. METODOLOGIA

O projeto estará baseado na abordagem qualitativa descritiva. Usará como estratégias de pesquisa a revisão da literatura por meio da busca na base de dados Scielo, tendo como referência os descritores: derramamento de petróleo, ecossistema marinho, pré-sal.

5. CAPÍTULO 1

5.1. EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO: COMO FUNCIONA?

O Petróleo tem seu nome originário do latim, *Petrus* e *oleum* que significa pedra e óleo respectivamente. É um composto orgânico formado por moléculas de hidrogênio e carbono (hidrocarboneto) em sua maioria, é viscoso e menos denso que a água. O Petróleo é um combustível fóssil e pode ser dividido em cinco classes: parafínica, parafínica-naftênica, aromática intermediária, aromático-naftênico e aromático-asfáltica, e cada classe varia de acordo com a porcentagem de composição dos outros componentes.

Caracteriza-se por ser um dos principais fatores que movimentam a economia brasileira, sendo 12,4% do Produto Interno Bruto (PIB) de 2012. Isso se dá pelo fato de o Brasil possuir a décima maior reserva de petróleo do mundo (SILVA, 2019). O Estado sempre busca aumentar a produção e investimento, principalmente, do pré-sal. Segundo a Petrobras até 2023 será instalado mais treze polos de produção correspondendo a um aumento de 5% da produção e um investimento equivalente a US\$ 68,8 bilhões⁴.

Entretanto, antes da criação da Petrobras os cenários de exploração das jazidas de petróleo brasileiras não eram tão promissores. O primeiro poço foi perfurado no Brasil, em São Paulo no ano de 1897, desde então foi seguido de tentativas falhas com poços de produção baixa e pouco rentáveis em diversas regiões, como o Norte e Nordeste. A produção girava em torno de 750 m³/dia, mas em 1953 com a criação da Petrobras, no governo Getúlio Vargas, foi iniciado uma série de investimentos nos estudos de pesquisa entorno de tecnologias para a prospecção de petróleo. E por volta da década de 70 foi descoberta a Bacia de Campos no Rio de Janeiro, sendo uma das mais importantes atualmente juntamente com a Bacia de Santos, e com essa descoberta a produção de petróleo foi elevada a 182.000 m³/dia até o final dos anos 90. (THOMAS, 2001)

Com isso a Petrobras detém vários recordes mundiais de produção na plataforma continental, como podemos ver na imagem a seguir:

⁴ <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/>

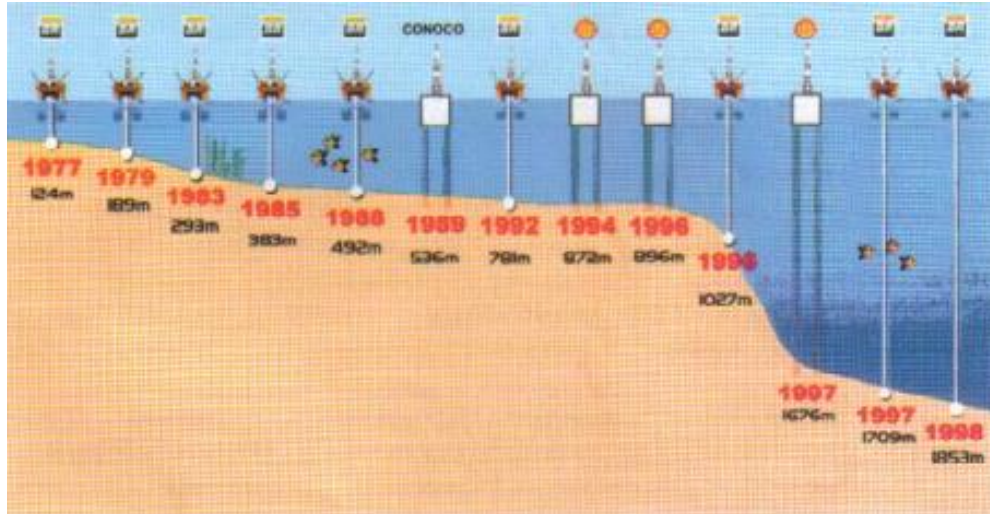


Figura 5.1.: evolução do recorde mundial da produção de plataforma continental.

Entre os anos de 2006 e 2008 foi confirmado a existência de óleo leve em uma camada que foi denominada pré-sal por estar abaixo de uma camada de aproximadamente 2.000 metros de sal. A descoberta do pré-sal em águas ultraprofundas, que são lâminas d'água⁵ superiores a 1.500 metros, foi uma das mais importantes do mundo na última década. Com isso o potencial exploratório brasileiro ganhou uma grande evolução, que foi de 4.108 poços com produção de 500.000 barris/dia no pós sal em 1984, para 77 poços com produção estimada em 1.500.000 barris/dia no pré-sal em 2018, a partir dessas informações pode se concluir que, desde a descoberta do pré-sal foi possível diminuir o número de poços ativos porém aumentando a produção em média a 1.000.000 a mais o que torna economicamente mais vantajoso. Dos 10 poços mais produtivos do Brasil 9 podem ser encontrados na Bacia de Santos, que possui a maior média de produtividade industrial, sendo o campo mais produtivo o Lula, e o maior e mais promissor o Mero que fica no bloco de Libra, ambos no Rio de Janeiro. (Petrobras, 2018)

⁵ Lâminas d'água é um termo que designa a profundidade do oceano.



Figura 5.2.: Área do pré-sal com destaque ao bloco de Libra.

Para compreender melhor o investimento na produção do óleo é necessário analisar desde a estaca inicial, começando pelos estudos de prospecção, exploração à comercialização. Com isso, podemos analisar a exploração de petróleo dividindo-a em quatro principais etapas: a prospecção de petróleo, perfuração, avaliação de formações e completação.

5.2. ETAPAS DA EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO

5.2.1. PROSPECÇÃO DE PETRÓLEO

A prospecção é a etapa que envolvem estudos que antecedem a perfuração do poço, que objetivamente busca analisar dentro de uma bacia sedimentar qual situação é mais provável de conter petróleo, através de dados geológicos e geofísicos.

Para a realização de tais estudos de prospecção é necessário o uso de técnicas específicas a cada etapa. É preciso avaliar de modo primário o solo escolhido através de métodos geológicos que reconhecem as características das rochas, a existência de matéria orgânica e a geoquímica local. E a partir do conhecimento básico do solo, é feito o mapeamento das rochas para começar a caminhar para o descobrimento do local de perfuração do poço, e é através da geologia de superfície que é possível identificar as bacias sedimentares e suas estruturas subterrâneas. (NETO, 2014)

Conforme a etapa de prospecção evolui, alguns dados são essenciais como mapa base e topográfico, e podem ser obtidos a partir da aerofotogrametria e fotogeologia, além da utilização de radares e satélites que diferenciam as rochas e as falhas sedimentares por cores, facilitando a visualização. A aerofotogrametria e a fotogeologia são baseadas em fotos aéreas

que são capazes de identificar falhas, dobras e inconsistências que a área pode possuir. (NETO, 2014)

Com as informações obtidas, que descrevem a área escolhida, inicia-se o estudo geológico de subsuperfície que trás dados mais concretos sobre o possível acúmulo de hidrocarbonetos (em estado de óleo ou gás). Além do estudo geológico, também é necessário o estudo geofísico de terreno, e como um exemplo de estudo geofísico temos a gravimetria e a magnetometria. A gravimetria é um estudo que se baseia no campo gravitacional da Terra, conseguindo avaliar a espessura de sedimento em uma bacia, gerando o mapa de Bouguer. Porém, esse mapa sozinho não consegue ter exatidão, então ele é complementado com um mapa magnético obtido a partir da magnetometria que mede as variações do campo magnético terrestre, e tais variações são geradas por rochas magnetizada que estão distribuídas irregularmente. (THOMAS, 2001)

E para completar os estudos de prospecção pré-perfuração realiza-se o método sísmico, pode ser sísmico de refração ou de reflexão, sendo o mais utilizado o método sísmico de reflexão. Este método apresenta como resultado imagens de alta qualidade, boa visualização, e tem baixo custo de realização. Caso o resultado apresente uma grande propensão de acúmulo de hidrocarboneto, é autorizado o início da perfuração do poço exploratório.

5.2.2. PERFURAÇÃO

Após uma análise minuciosa de onde contém maior acumulação de hidrocarboneto nas rochas sedimentares, chega a etapa de maior custo no processo de exploração de petróleo, que é a perfuração do poço. A perfuração é feita com uma sonda que varia de acordo com a necessidade, com o tamanho da lâmina d'água, e condições marítimas como o relevo e agitação das águas. Podemos citar como exemplo de sondas de perfuração a plataforma fixa e flutuante. (MANSANO, 2004)

Dentro da classe das plataformas fixas existem quatro tipos, são elas, auto-elevável, jaqueta, gravidade e torre complacente. A plataforma auto-elevável se caracteriza por ser uma plataforma que não é totalmente fixa, mas durante a perfuração do poço ela não permanece flutuante. Esse tipo de plataforma é utilizado para perfuração de lâminas d'água com em média 130 metros, e pode ser movida para outros locais de perfuração através de navios rebocadores. Quando deixada no local alvo, a balsa finca suas pernas treliçadas no fundo do mar e sua plataforma é elevada acima da linha d'água, tornando-a segura quanto a ação das ondas. (AMORIM, 2010)



Figura 5.3.: Plataforma auto-elevável

As plataformas jaqueta e torre complacente possuem muita semelhança em suas especificações, com a diferença da estrutura da base. Ambas são envolvidas por tubulação de aço o que dá o nome característico de jaqueta - e permite que seja uma plataforma que além de perfuração também possa produzir e armazenar o petróleo – e as pernas treliçadas, o que diferencia é a base da plataforma jaqueta ser mais ampla e a base da plataforma torre complacente é composta por uma única torre estreita. Nas figuras 5.4 e 5.5 é possível observar esta diferença. (AMORIM, 2010)

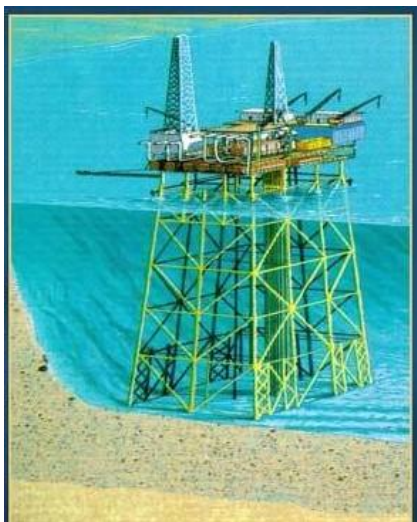


Figura 5.4.: Plataforma jaqueta

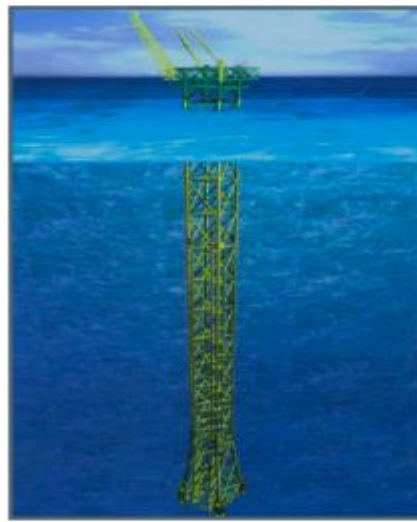


Figura 5.5.: Plataforma torre complacente

A plataforma de gravidade se diferencia das demais plataformas fixas, pelo fato de geralmente ter sua base feita de concreto, mas também podendo ser de aço. Suas pernas não são

treliçadas, e ela se fixa no mar através do peso da sua estrutura, sem que sua estrutura invada o solo marítimo.



Figura 5.6.: Plataforma de gravidade com base de concreto

E entrando na categoria das plataformas flutuantes, que são plataformas que não se fixam no mar, mas como uma forma de prende-la é utilizado o esquema de ancoragem, estão sujeitas a movimentação por ação de ondas e vento, e permitem que a perfuração possa alcançar águas profundas com lâmina d'água com média de 1000 metros e locais longe da costa onde não é permitido instalações fixas de dutos e tubulações, temos as plataformas semi-submersível, Tension Leg platform (TLP) e Single Point Anchor Reservoir (SPAR). As plataformas semi-submersíveis são plataformas compostas por flutuadores que estão abaixo da linha d'água o que a mantém estável, e juntamente com os contraventamentos, convés e coluna, essa plataforma é capaz de perfurar e produzir petróleo.

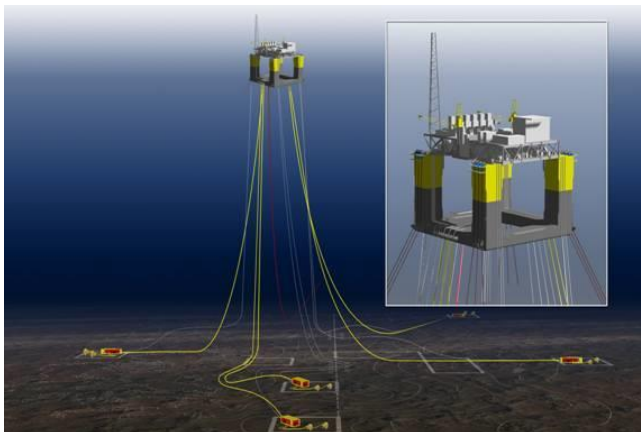


Figura 5.7.: Plataforma semi-submersível

As plataformas TLP tem a estrutura semelhante a plataforma semi-submersível, mas sua forma de ancoragem que diferencia, pois elas são composta por tendões de aço e fixadas por estacas no solo marinho, mas sua base segue o modelo estruturado por flutuadores.



Figura 5.8.: Plataforma TLP

E o último modelo de plataforma de perfuração citado por este trabalho é a plataforma SPAR, que tem um sistema se diferencia totalmente das outras plataformas flutuantes. A SPAR tem como equilíbrio e flutuação um sistema rotacional, com a sua estrutura de sustentação de em torno de 200 metros e um centro de rotação no final, o que proporciona estabilidade tornando-a a mais estável entre as plataformas flutuantes. As plataformas SPARs podem variar de acordo com a evolução da engenharia e custo de produção. (SILVEIRA, 2019)

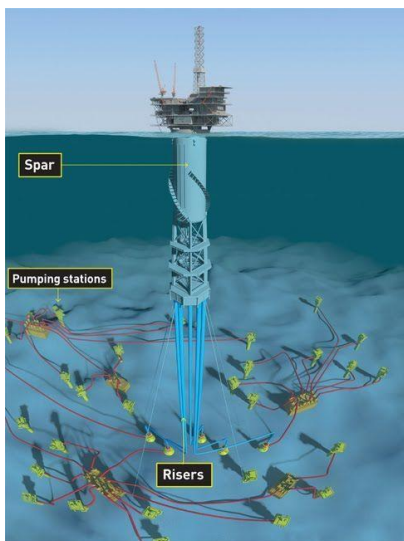


Figura 5.9.: Plataforma Truss SPAR

A partir do conhecimento dos modelos de plataformas de exploração, deve se avaliar a que melhor se encaixa no custo e necessidade. Além da divisão convencional de plataforma

fixa ou flutuante, ainda pode defini-las como completação seca ou molhada, o que configura onde se encontra a “árvore de natal⁶”, seca é fora do poço e acima da linha d’água, e molhada é quando está dentro do poço. Perfuração ou produção, o que torna algumas plataformas específicas para cada objetivo, porém existe as que atendam as duas demandas de produção e perfuração, e em alguns casos até armazenamento.

5.2.3. AVALIAÇÃO DE FORMAÇÕES

A avaliação de formações é um estudo transdisciplinar que avalia de forma qualitativa e quantitativa o potencial de uma jazida, podendo ocorrer durante a perfuração do poço ou depois. Quanto mais distante do continente e maior a lâmina d’água maior o custo do estudo, e atualmente são empregadas técnicas e entre elas se destacam a Formation Pressure While Drilling (medição de pressão da formação durante a perfuração) e Formation Sampling While Drilling (amostragem de fluídos durante a perfuração), com o objetivo de determinar o volume de óleo, planejar os planos de perfuração, completação e produção, e dimensionar o arranjo submarino do campo de petróleo. (COELHO, 2014)

Outra técnica utilizada é a TFR (Teste de formação a poço revestido) que é considerada a mais completa, realizada durante a perfuração do poço onde é colocado uma coluna equipada com medidores de pressão e temperatura, amostradores, packer de operação, válvula de circulação e uma tampa que fecha o poço no fundo, para diminuir o fator estocagem, que torna os dados de medição mais imprecisos. O poço é colocado em fluxo e é iniciado as medições, e são determinados os seguintes dados: razão gás-líquido, razão gás-óleo (ambas em m³/dia) e porcentagem de água presente no volume produzido (CUT) e porcentagem de sedimentos (BSW). Mas também é possível obter esses dados individualmente através dos testes, Registro de pressão e Medição de produção. (GARCIA, 1997)

5.2.4. COMPLETAÇÃO

⁶ Equipamento que controla o fluxo e a vazão na exploração de petróleo. Tem esse nome por sua semelhança com uma árvore de natal coberta de neve e composta por muitas luzes.

Durante a exploração de petróleo, é perfurado alguns poços exploratórios com o objetivo de conseguir se aprofundar no conhecimento das rochas e de seu potencial, antes que invista na construção de uma jazida produtora. São realizados testes e estudos nesses poços, e a última etapa que encerra a fase exploratória e inicia a produção em larga escala é a completação, que transforma o poço em uma unidade produtiva de óleo e gás. É necessário a limpeza e cimentação, e assim é iniciado a instalação dos equipamentos de completação que pode ser dividido em: completação simples, dupla, artificial lifting, inteligentes e em poços multilaterais. (MANSANO,2004)

Esta etapa faz parte da classe dos investimentos, que se caracteriza por ser a primeira forma de intervenção que um poço em atividade recebe após a fase de perfuração. Dentro da classe dos investimentos tem as seguintes etapas: completação, avaliação e recompletação.

A completação básica com árvore de natal convencional usando o Gás Lift, determina se o poço é viável economicamente e em caso positivo, equipa com os materiais de produção e equipamentos de segurança, avalia a cimentação feita na hora da perfuração e se necessário faz um reajuste. É instalado um canhão de aço no fundo do poço, e essa técnica é chamada de canhoneio, com o objetivo de manter uma comunicação do reservatório com o interior do local de produção. E por último é instalado a árvore de natal, seca ou molhada, o que varia de acordo com o propósito e da plataforma que está sendo utilizada. (GARCIA, 1997)

5.3. NOVO MARCO REGULATÓRIO

A exploração petrolífera no Brasil é regulamentada por leis federais e seu processamento cabe a União. Entretanto, assim que houve as primeiras descobertas de hidrocarbonetos as jazidas eram pertencentes a quem encontrou, podendo escolher o que fazer com relação a produção (exploração própria, vender, dividir etc.). Contudo por volta dos anos 50 foi criada a campanha “o petróleo é nosso” que resultou na criação da Petrobras e na estatização da exploração das jazidas, que desde então passou a pertencer unicamente a União. (ALKIMIN, 2011)

A configuração que temos hoje é uma divisão da exploração entre a União e empresas privadas, estrangeiras ou nacionais, através da livre concorrência, e é regida pela lei 9.478/1997, e pela legislação do Novo Marco Regulatório que possui três leis, 12.304/2010 (lei de criação da Petro-sal), 12.351/2010 (lei da partilha de produção e fundo social) e 12.276/2010 (lei da capitalização da petrobras). Segundo ABREU (2013), a lei 12.351/2010 se configura como

inconstitucional por ferir o princípio da livre concorrência e livre iniciativa a partir do momento que é estabelecido que a participação mínima da empresa nacional é de 30% no pré-sal.

Quanto à exploração e comercialização podemos incluir um fator determinante nos valores de arrecadação do governo que são os royalties. Royalties é uma palavra derivada de royal que significa “relativo ao rei”, mas trazendo ao contexto da exploração, significa uma porcentagem em cima das receitas brutas ou líquidas do barril de petróleo. A Secretaria de Tesouro Nacional que cuida da distribuição dos recursos juntamente com o Banco do Brasil, e de acordo com o decreto 2.705/1998, segundo CHEDID e SANTOS (2019) o valor a ser devido de royalty segue a seguinte fórmula: $Royalty = 10\% \times (VTP_{\text{petróleo}} \times PR_{\text{petróleo}} + VTP_{\text{gásnatural}} \times PR_{\text{gásnatural}})$, onde Royalty é o valor dos royalties decorrentes da produção do campo no mês em reais; $VTP_{\text{petróleo}}$ é o volume total da produção de petróleo no campo em metros cúbicos; $VTP_{\text{gásnatural}}$ é o volume total da produção de gás natural do campo no mês em metros cúbicos, $PR_{\text{petróleo}}$ é preço de referência do petróleo produzido do campo no mês em reais por metros cúbicos e o $PR_{\text{gás natural}}$ é o preço de referência do gás natural produzido no campo no mês em reais por metros cúbicos.

A Petrobras possui diretrizes que regulam a estrutura de um poço, como por exemplo, exigência de pelo menos duas barreiras de segurança independentes entre si, onde caso uma barreira tenha falha e sua composição, a outra barreira não seja afetada, protegendo o poço de um possível descontrole. Com a existência de duas barreiras, quando se é observado uma falha em alguma é possível que haja um reparo de prevenção para que não ocorra acidentes. E com isso, será avaliado casos onde as medidas de segurança (sejam elas protocolares ou equipamentos) falharam e resultaram em acidentes. (GARCIA, 1997)

6. CAPÍTULO 2

6.1. INFLUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA

A exploração petrolífera causa muitos impactos no ambiente físico (relevo, ar e água), biológico (ecossistemas) e antrópico (sociedade, cultura e economia), onde ela está inserida, seja a exploração marítima ou terrestre. Um dos principais impactos causado ao meio antrópico é a interferência na pesca local. A instalação de plataformas e movimentação de navios delimita a área em que outras pessoas podem navegar, chamada de área de exclusão, geralmente é de 500 metros de distância da plataforma, o que já diminui a área disponível para pesca. Em lugares como na bacia de Campos que possui em média 23 plataformas fixas, a área de exclusão se torna extremamente grandiosa, o que impede quase que de forma total a navegação e pesca nessa área. Outra demonstração de área de exclusão é, quando é necessário a obtenção de dados sísmicos em que, um navio sísmico navegando a 7,41 km/h pode gerar uma área de exclusão de aproximadamente 8 km², sendo equivalente ao tamanho da ilha de Trindade no Espírito Santo. (MARIANO, 2007)

Os impactos ambientais físicos e biológicos conversam entre si, por um afetar o outro diretamente. O impacto ambiental pode ser classificado como um ambiente que sofreu alterações através da ação humana, podendo ser positivas ou negativas, reversíveis ou irreversíveis (CONAMA, 1986). Uma plataforma juntamente com os navios tem uma ação positiva que é permitir que algumas espécies de peixes e aves se abriguem nas estruturas. Porém existem mais ações negativas principalmente na etapa de perfuração e transporte do petróleo. Uma construção em ambiente marítimo pode gerar perturbação física, alteração da luz, produzir ruídos, gerar descarte de resíduos e o alto risco de acidentes. (SANTOS, 2012)

Quanto ao ecossistema marinho estima-se que as principais espécies afetadas pela exploração sejam organismos bentônicos e planctônicos⁷ visto que as espécies desses grupos que realizam fotossíntese são incapacitadas devido ao aumento da turbidez da água, a redução do oxigênio dissolvido ou a existência de fluídos descartados que envolvem a estrutura do ser vivo e a impede de realizar a fotossíntese, conseqüentemente com a morte destes organismos fotossintéticos é diminuída a oferta de alimentos para os outros seres vivos. A descarga desses resíduos pode afetar os bentos em uma distância de vinte e cinco metros a partir de onde foi realizado o descarte, em outras espécies a distância é aumentada em até cem metros. E em casos

⁷ Bentos vivem no substrato do ambiente fixados ou não, já sua contraposição, planctons, ficam em suspensão na água se locomovendo pela correnteza d'água.

de descarga excessiva, os seres vivos podem ser afetados em uma distância de oitocentos metros. Espécies como megabentos, podem morrer por soterramento de cascalhos contaminados por fluídos de perfuração e por asfixia. (MARTINS, 2015).

O principal evento causador desses impactos é o derramamento de óleo, seja acidental ou não. Durante uma produção offshore⁸ ocorre derramamento de óleo proposital, considerado normal por aquele tipo de atividade. Muitos estudos já foram realizados para que esse derramamento corriqueiro seja menos prejudicial ao meio ambiente, e foi iniciado pela proibição do uso de óleo diesel nos fluídos de perfuração⁹, e esse óleo diesel foi substituído por base de água com alguns metais menos tóxicos como a betonita e a barita. (MARIANO, 2007)

6.2. DERRAMAMENTO DE ÓLEO E POLUIÇÃO DO AMBIENTE MARINHO

Uma das maiores causas do derramamento de petróleo e derivados é o transporte aquaviário, que por muitas vezes é precário, falta manutenção e visa mais o lucro à segurança, outros erros resultantes no derramamento podem ser a falha da tripulação (correspondente de 60% a 80% dos casos) e condições climáticas. Podemos classificar os derramamentos em três grupos a partir da quantidade de óleo despejada, são eles: menor que sete toneladas (< 7 t), entre sete e setecentos toneladas (7 – 700 t) e maior que setecentos toneladas (> 700 t). (OLIVEIRA, 2020).

A maior parte dos acidentes ocorrem em operações rotineiras como carga, descarga e armazenamento e tem seu vazamento menor que sete toneladas. Apesar da alta probabilidade de ocorrer, esses acidentes não são considerados tão graves porque já existem protocolos que indicam como solucionar rapidamente o problema. Já os derramamentos que ocorrem a partir de um acidente tem por característica maior despejo de óleo, sendo os principais acidentes: falha estrutural, colisão entre navios e encalhe. Na tabela a seguir é demonstrado o volume de óleo derramado, o ano e o local de ocorrência, vale destacar a diminuição significativa da quantidade em metros cúbicos de óleo que foi derramado por acidente. (SILVA, 2004)

Tabela 6.2: Acidentes com derramamento de óleo que ocorreram no Brasil entre 1960 e 2001

Navio	Ano	Local	Volume vazado (m ³)
Sinclair Petrolore	1960	Desconhecido	66.530

⁸ *Offshore* significa “no mar”, é o termo utilizado para exploração de petróleo marítima

⁹ São fluidos com o princípio de manter a estabilidade do poço e tornar a perfuração viável

Takamyia Maru	1974	São Sebastião, SP	6.000
Tarik Ibn Ziyad	1975	Baía de Guanabara, RJ	6.000
Brazilian Marina	1978	São Sebastião, SP	6.000
Marina	1985	São Sebastião, SP	2.000
Penelope	1991	São Sebastião, SP	280
Theomana	1991	Bacia de Campos	2.150
Smyrni	1998	Santos, SP	40
Maruim	1998	São Sebastião, SP	15
Veginia	2000	São Sebastião, SP	86
Norma	2001	Baía de Paranaguá, PR	361

Fonte: CETESB (2002)

Foi analisado que a sensibilidade do local afetado e a composição do óleo influencia mais no impacto gerado do que a quantidade de óleo que foi derramada, porém em casos de óleos pesados e mais densos que são menos tóxicos ao ambiente devido sua composição com menos anéis aromáticos, tem o impacto físico de recobrimento da área, sendo então proporcional à quantidade de óleo derramado. Em uma escala de sensibilidade a impactos pode-se listar como o ambiente mais sensível os manguezais e os menos sensíveis os costões rochosos expostos. (MONTEIRO, 2003)

Diversos fatores ambientais podem influenciar no espalhamento ou auxílio na limpeza dos locais afetados como as marés que através do movimento de subida e descida funcionam como agentes de limpeza natural, a época do ano que em casos de derramamento em época de reprodução pode afetar a quantidade populacional da espécie, e o hidrodinamismo (marés, intensidade das ondas e correntes) que quando é elevado dispersa rapidamente o óleo derramado, mas em caso contrário, este pode permanecer e confinado nas águas por meses e anos. A velocidade de dispersão também varia de acordo com o hidrocarboneto em questão, podendo se dividir em dois grupos, os persistentes e não persistentes, dentre eles podemos citar respectivamente a gasolina e óleos crus. (SZEWCZYK, 2006)

Ocorrem alguns processos quando há o derramamento, e o primeiro que acontece assim que o óleo entra em contato com a água é o espalhamento, que forma uma grande mancha única de óleo de película fina, e em seguida os componentes de peso molecular menor começam a evaporar tornando a mancha mais densa e viscosa. Do ponto de vista de impacto ambiental, a etapa mais preocupante é a dissolução, ela ocorre logo após o derramamento e é caracterizada pela diluição dos compostos solúveis em água, e enquanto ocorre a biodegradação e a fotoxidação esses compostos solúveis em água vão sendo gerados e diluídos, tornando aquele ambiente mais tóxico. Após algumas horas ou um dia ocorre a dispersão, que é a quebra da grande mancha em partes menores que ficam em suspensão na água o que torna mais acessível

a biodegradação. Conforme o óleo derramado vai perdendo suas características principais, ele passa a ter maior afinidade com a água gerando um composto óleo-água chamado de mousse que em sua maioria são emulsões estáveis. A etapa de sedimentação é restrita a óleos mais densos capazes de afundar e se ligar a matéria orgânica marinha, é mais difícil de ocorrer, porém pode trazer mais impactos a areia das costas por ser um composto semissólido. (DRUMOND, 2012)

6.3. ACIDENTE NA FPSO CIDADE DO RIO DE JANEIRO DA EMPRESA MODEC NA BACIA DE CAMPOS

A partir do que foi citado no trabalho sobre os impactos do derramamento de petróleo, será feito um estudo de caso sobre um acidente envolvendo a plataforma Cidade do Rio de Janeiro do tipo Floating Production Storage and Offloading (FPSO) da empresa Modec na bacia de campos.

A Modec é uma empresa de Tóquio no Japão fundada em 1968, atua na área de exploração de petróleo com plataformas flutuantes tais como FPSO, FSO, TLP, semissubmersíveis etc. na bacia de Campos no campo de Espadarte. É uma empresa de grande reconhecimento na produção de plataformas FPSO, sendo responsável pela engenharia e instalações de algumas estruturas da Petrobras. (MODEC, 2019)

FPSO é a sigla para Floating Production Storage and Offloading, que em português significa Unidade flutuante de produção, armazenamento e transferência. É a principal plataforma utilizada para exploração em águas ultraprofundas, é construída a partir do casco de antigos navios petroleiros e tem grande capacidade de armazenamento o que facilita as explorações mais longe da costa. (PETROBRAS, 2020)

O evento a ser discutido envolve uma plataforma FPSO que estava a uma média de 130 km da costa, passando pelo processo de descomissionamento. Descomissionamento é definido pela ANP como:

“[...] conjunto de ações legais, procedimentos técnicos e de engenharia aplicados de forma integrada a um sistema offshore visando assegurar que sua desativação ou cessação de produção atinjam as condições de segurança, condições de preservação ambiental, confiabilidade e rastreabilidade de informações e documentos.”.

Ou seja, é retirar as estruturas offshore para tornar o ambiente, se possível, unicamente natural.

A FPSO Cidade do Rio de Janeiro teve seu casco danificado e houve o surgimento de uma trinca que teve sua abertura máxima de 37,7m x 7,55m, que ocasionou no derramamento de óleo, o tanque atingido pela trinca foi o 5P. Inicialmente o volume derramado foi de 1,2 mil litros, mas segundo o site Valor Globo¹⁰, após o início da limpeza desse resíduo primário, houve sobrevoos que identificaram que a presença de óleo no mar atingira o volume de 6,6 mil litros. Foram necessários 7 navios para o recolhimento do óleo e mais 4 navios de apoio, além de um helicóptero.



Figura 6.1: Imagem ilustrativa de um derramamento de óleo

De acordo com a ANP no seu relatório de investigação do acidente, nove causas raiz geradas a partir de 6 fatores casuais, para o acontecimento de tal fato. A maioria é ligada à falta de inspeção e a falha humana sendo pouco considerado a chance de ter sido de fato acidental. As causas raiz apontadas são:

1. O descumprimento do planejamento de inspeções;
2. Falta de ação corretiva na inspeção do tanque 5P;
3. Inexistência de avaliação de qualidade do relatório de inspeção (visto que o tanque 5P estava com muita lama o que dificultaria uma avaliação visual de qualidade);
4. Inconsistência dos critérios de projeção do sistema de proteção contra corrosão;
5. Falha de gestão contratada;
6. Falha de inspeção/ manutenção de equipamentos;

A seguir temos um fluxograma que indica quais fatores casuais levaram as causas raiz e conseqüentemente ao acidente.

¹⁰ <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/08/26/petrobras-informa-expansao-de-vazamento-de-petroleo-na-bacia-de-campos.ghtml>

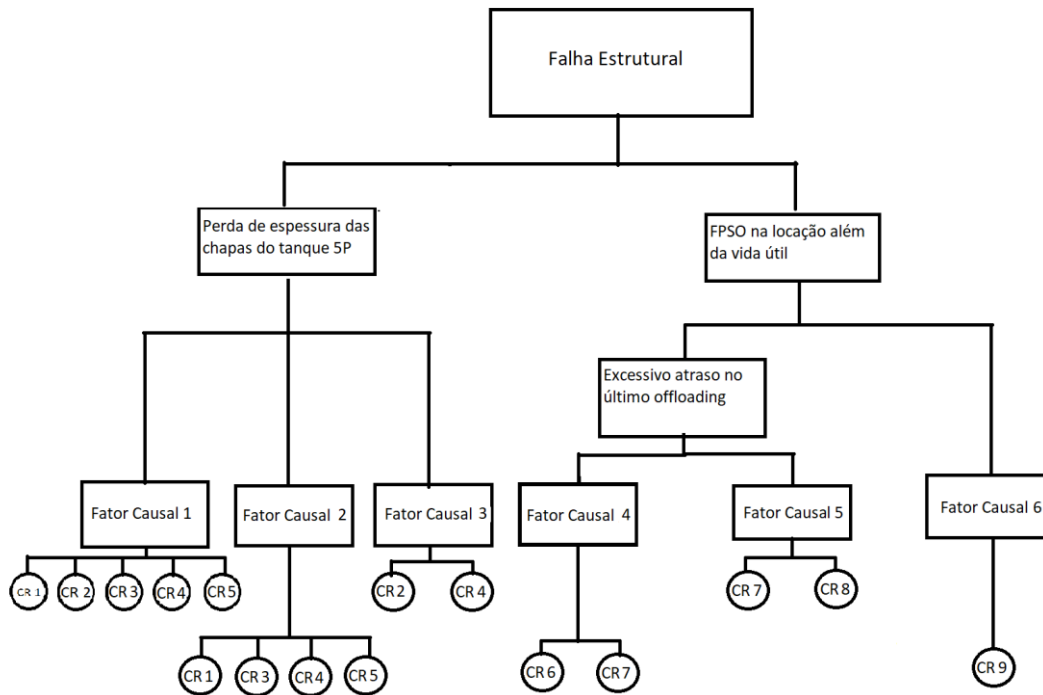


Figura 6.2: Fluxograma que indica as causas do acidente

Fonte: ANP

Legenda da Figura 6.2.:

Fator Causal (FC) 1: Insuficiência de proteção catódica;

FC 2: Ausência de revestimento epóxi;

FC 3: Armazenamento de fluído fora da especificação de projeto;

FC 4: Falha do sistema de geração de vapor;

FC 5: Ausência de pessoa chave da Modec para o offloading;

FC 6: FPSO não descomissionada antes do término de vida útil;

Causas Raiz (CR): Já listadas anteriormente;

A Modec se encarregou de limpar as áreas atingidas e o FPSO foi retirado do local de acidente. Mas não é a primeira vez que a empresa se envolve em casos de derramamento de óleo, em 2011 houve um derrame na Baía de Ilha Grande e a empresa foi multada em R\$ 16,6 milhões¹¹ pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Sobre o caso no campo de Espadarte ainda não há informações sobre processos ou multas, nem os prejuízos que foram causados ao ecossistema marinho local.

¹¹ <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/modec-e-multada-em-r-166-mi-por-vazamento-de-oleo-de-navio,173839160467b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou como funciona a exploração de petróleo e a partir deste conceito foi demonstrado como tal forma de exploração afeta o ambiente no seu entorno seja ele físico, biológico ou antrópico. O petróleo é uma das principais fontes energéticas e é o fator de movimentação da economia brasileira, possui outras inúmeras vantagens, mas não se pode negligenciar as possíveis consequências que se dão, principalmente a partir da displicência das empresas em ação nos campos, como por exemplo o acidente citado no texto em que uma das causas do rompimento do tanque 5P na FPSO foi a utilização da plataforma além da sua vida útil.

É necessário que seja implementado protocolos de recuperação ambiental mais eficientes, e que seja criada formas de exploração que diminua o número de plataformas por poço, para que menos áreas sejam atingidas pela perturbação que essas estruturas geram, e nos piores casos, os acidentes que acontecem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. **O Pré-sal brasileiro e a legislação do novo marco regulatório: Uma Avaliação, geoeconômica dos recursos energéticos do Pré-sal, 2013.** Disponível em: < webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PCyHe4HgeGUJ:www.periodicos.ufc.br>

ALKIMIM, V. **O histórico da extração e exploração do petróleo no Brasil e o novo marco regulatório do pré-sal. Fórum brasileiro das agências regulatórias, 2011.** Disponível em:<https://www.emerj.tjrj.jus.br/serieaperfeicoamentodemagistrados/paginas/series/1/Agencias_Reguladoras_66.pdf>

AMORIM, T. **Plataformas offshore: Uma breve análise desde a construção ao descomissionamento. UEZO, 2010.** Disponível em:< <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zkAm1sUrpV0J:www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/TailandAmorim.pdf>>

ANP. **Boletim da produção de petróleo e gás natural.** Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal-Producao_Petroleo_Gas_Natural/boletim-janeiro-2019.pdf

ANP. **Relatório de investigação: Investigação do acidente na FPSO Cidade do Rio de Janeiro.** Disponível em: < <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/relatorioinvestigaoFPRJfinal.pdf> >

CHEDID, T. S. V.; SANTOS, E. M. **Aspectos de regulação internacional do petróleo: o caso Brasil. Estud. av.,** São Paulo , v. 33, n. 95, p. 113-132, Jan. 2019 .

COELHO, R. **Tecnologia para avaliação de formações em tempo real. UFRJ, 2014.** Disponível em:< webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:T3XuRz3-uUkJ:monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009566.pdf>

CGPEG. **A interferência das atividades marítimas de exploração de petróleo e gás na pesca artesanal: exigências do licenciamento ambiental.** Disponível em: <

http://brazilrounds.anp.gov.br/arquivos/Round9/sismica_R9/Bibliografia/A%20Interferência%20das%20Atividades%20Marítimas%20de%20Exploração%20de%20...pdf>

DRUMOND, E. **Como combater o derramamento de óleo originado por incidentes no transporte marítimo. CIAGA, 2012.** Disponível em: <

<https://www.repositorio.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/451105/1/0000066b.pdf>>

GARCIA, J. **A completção de poços no mar. SEREC/CEN-NOR, 1997.** Disponível em:<https://www.academia.edu/35095552/A_Completção_de_Poços_no_Mar?fbclid=IwAR2zdsR-2ijlp5Jlk3FAKHwnCBX2Z2-jEukaFigjdsH1-29xX6U6SEaBgrs>

GOMES, A.; PALMA, J.; SILVA, C. **Causas e conseqüências do impacto ambiental da exploração dos recursos minerais marinhos.**

GONÇALVES, S. **Impactos ambientais da indústria do petróleo em produção offshore.**

Disponível em:<

http://www.portalabpg.org.br/site_portugues/anais/anais6/publicacoes/repositorio/trabalhos/065509110820111184.pdf>

GUERRA, B. **Derramamento de óleo no mar.** Disponível em:

<<http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/00000b/00000bdd.pdf>> Acesso em:

IEA. **Fornecimento total de energia primária (TPES) por fonte, 1990-2018.** Disponível em:

<<https://www.iea.org/statistics/country=WORLD&year=2016&category=Electricity&indicator=ElecGenByFuel&mode=chart&dataTable=ELECTRICITYANDHEAT>>

LEITE, J; SILVA, L. **Juridicidade do Dano Ambiental: gestão da zona costeira e aspectos da exploração do pré-sal pelo Brasil.** Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/seq/n65/n65a13.pdf>>

MANSANO, R. **Engenharia de perfuração e completção em poços de petróleo. UFSC, 2004.** Disponível

em:<http://www.petroleo.ufsc.br/palestras/2004_08_05.pdf?fbclid=IwAR379IeL-Kyp04sNpjVSrJxOwjx-lhqyuaMFqtqvuzCcdDXyiD70HCvnkVIE>

MARIANO, J. **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.** UFRJ, 2007. Disponível

em:http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/doutorado/Jacqueline_Barboza_Mariano.pdf

MARTINHO, H. **Petróleo no ambiente marinho e os impactos ambientais e socioeconômicos.**

MARTINS, S. **Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações.** IFRN, 2015. Disponível

em:<<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2201>>

MORAIS, J. **Petróleo em águas profundas.** IPEA, 2013, p.219. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_petrobras_aguas_profundas.pdf>

NETO, M. **Petróleo e gás – Noções básicas para alunos do ensino médio.** Editora IFRN, 2014.

PEIXOTO, R. **Estudo da tecnologia e processos de extração em poços de petróleo.**

UNESP, 2014. Disponível em: <

repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120470/000740738.pdf>>

PEREIRA, R; GOMES, A. **Biologia Marinha 2º edição.** Editora Interciência, 2009.

PETROBRAS. **Relatório de sustentabilidade 2020.** Disponível em: <

<https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/publicamos-relatorio-de-sustentabilidade-2020-com-avancos-em-esg.htm>>

PETROBRAS. Conheça os derivados do petróleo que fazem parte do cotidiano.

Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/conheca-os-derivados-do-petroleo-que-fazem-parte-do-cotidiano.htm>>

SANTOS, P. Impactos ambientais causados pela perfuração de petróleo. Cadernos de Graduação, 2012. Disponível em: <

<https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/297>

SILVA, A. Perfuração e completção de poços HPHT. UFF, 2016. Disponível em: <

<https://app.uff.br/riuff/handle/1/2002>>

SILVA, P. Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira: estrutura e implicações ambientais. UFRJ, 2004. Disponível

em:<webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hFIV14UNRoUJ:antigo.ppe.ufrj.br/pp+e/production/tesis/prdasilva.pdf>

SILVEIRA, P. Movimento das plataformas offshore flutuantes. Ecoinstituto, 2019.

Disponível em:<<https://ecoinstituto.com.br/movimento-das-plataformas-offshore-flutuantes/>>

SZEWCZYK, S. Processos envolvidos em um derramamento de óleo no mar. FURG, 2006. Disponível em: <

<https://semengo.furg.br/images/2006/36.pdf>>

TERRA. Modec é multada em R\$16,6 mi por vazamento de óleo de navio. Disponível em:

<<https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/modec-e-multada-em-r-166-mi-por-vazamento-de-oleo-de-navio,173839160467b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>>

THOMAS, J. Fundamentos da Engenharia de Petróleo. 2001

RAMALHO, A. Petrobras informa expansão de vazamento de petróleo na Bacia de Campos. Valor Globo, 2019. Disponível em:

<<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/08/26/petrobras-informa-expansao-de-vazamento-de-petroleo-na-bacia-de-campos.ghtml>>