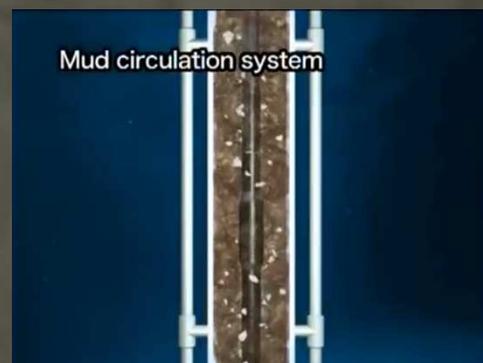
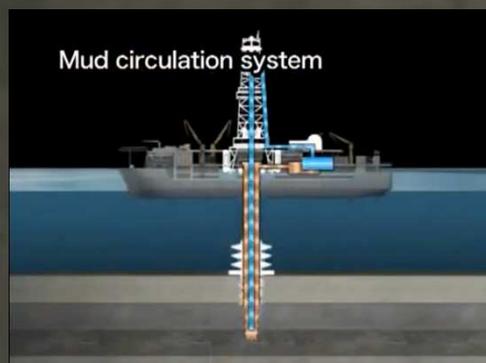




MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAL DE NÁUTICA



ADOLFO JULIO BARBOSA STANIEWICZ



**ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO OFFSHORE E OS IMPACTOS CAUSADOS
PELO FLUIDO DE PERFURAÇÃO E CASCALHO**

RIO DE JANEIRO

2014

ADOLFO JULIO BARBOSA STANIEWICZ

**ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO OFFSHORE E OS IMPACTOS CAUSADOS
PELO FLUIDO DE PERFURAÇÃO E CASCALHO**

Monografia apresentada como exigência para a obtenção do título de CCB do Curso de Aperfeiçoamento de Oficial de Náutica da Marinha Mercante ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Prof. Dra. Claudia Segadilha Adler

RIO DE JANEIRO

2014

ADOLFO JULIO BARBOSA STANIEWICZ

**ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO OFFSHORE E OS IMPACTOS CAUSADOS
PELO FLUIDO DE PERFURAÇÃO E CASCALHO**

Monografia apresentada como exigência para a obtenção do título de CCB do Curso de Aperfeiçoamento de Oficial de Náutica da Marinha Mercante ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): Prof. Dra. Claudia Segadilha Adler

Data da Aprovação: _____/_____/_____

Orientador (a): _____
Prof^a. Dra. Claudia Segadilha Adler

1^{ro} Examinador: _____

2^{do} Examinador: _____

3^{ro} Examinador: _____

NOTA: _____

NOTA FINAL: _____

Em primeiro lugar a Deus, por ser autor do meu destino, meu guia além de ser a essência da minha vida, a minha esposa sempre presente nos momentos mais difíceis me encorajando, a minha mãe que foi a base da minha formação familiar me ensinando todos os valores para me tornar um cidadão e pai de família, aos meus filhos que são fonte de inspiração para sempre prosseguir a sonhar, ao meu pai que está lá no céu ajudando Deus Nosso Senhor a me olhar e a todos os colegas do curso APNT que colaboraram para a realização desta monografia.

AGRADECIMENTOS

A Deus e Seus anjos enviados, por tudo o que têm feito em minha vida. Ao Excelentíssimo Senhor Comandante do CIAGA, Contra-Almirante Aguiar Freire. A Professora Dra. Claudia Adler, orientadora desta monografia. A todos os Professores palestrantes e demais professores do CIAGA. A Professora Laís Raysa Lopes Ferreira, Coordenadora do curso APNT.

“Enquanto houver vontade de lutar haverá
esperança de vencer” Santo Agostinho.

RESUMO

Os problemas ambientais oriundos da perfuração de poços de petróleo em *offshore* podem gerar conseqüências de grandes proporções e, por conseguinte suas orientações de como prevenir e/ou evitar devem ser seguidas de acordo com os procedimentos e normas de controle ambiental. Logo esse trabalho torna-se relevante para os profissionais da área *offshore*, voltado especificamente para as Bacias petrolíferas do Sudeste Brasileiro, que poderão ter outra visão com relação ao trabalho desempenhado nas atividades de perfuração e com os potenciais riscos relacionados á proteção ao meio ambiente. E a partir disso, podem rever seus conceitos e desempenhar suas funções com mais consciência e avaliar se o custo benefício em relação perfuração versus poluição atende ás expectativas da sociedade.

Palavras-chave: Impacto ambiental. Perfuração offshore. Cascalho e fluido de perfuração.

ABSTRACT

The environmental problems arising from drilling for oil offshore can generate consequences of large proportions and therefore its guidance for the how to prevent and / or avoid should be followed in accordance with the procedures and environmental control standards. Soon this work is relevant for professionals in the offshore area, designed specifically for petroleum basins in Southeast Brazil, which may have a different view with respect to work performed in drilling activities and potential risks related to environmental protection. And from that, may revise their concepts and perform their functions with greater awareness and evaluate the cost versus benefit over drilling pollution meets the expectations of society.

Keywords: Environmental Impact. Drilling offshore. Cuttings and drilling fluid.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 : Exemplo de brocas de perfuração tricônica | 20 |
| Figura 2 : Exemplo de brocas de perfuração PDC | 20 |
| Figura 3 : Esquema de uma sonda rotativa..... | 22 |
| Figura 4 : Sistema de Top Drive..... | 23 |
| Figura 5 : Bombas de lama | 24 |
| Figura 6 : Blow Out Preventer (BOP) | 25 |
| Figura 7 : Perfil do Poço exibindo os revestimentos | 27 |
| Figura 8 : Plataformas marítimas de petróleo pioneiras | 29 |
| Figura 9 : Plataforma fixa..... | 32 |
| Figura 10 : Plataforma auto-eleváveis | 33 |
| Figura 11 : Plataforma submersível..... | 34 |
| Figura 12 : Plataforma semi-submersível..... | 35 |
| Figura 13 : Plataforma de pernas tensionadas | 36 |
| Figura 14 : Navio sonda | 37 |
| Figura 15 : Fluxo de fluido de perfuração | 39 |
| Figura 16 : Sistema típico de controle de sólidos..... | 51 |
| Figura 17 : Equipamentos de tratamento da lama e suas funções | 51 |
| Figura 18 : Relação entre Atividade, Licença e Estudos..... | 53 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| AGRADECIMENTOS | 5 |
| RESUMO | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| LISTA DE FIGURAS | 9 |
| SUMÁRIO..... | 10 |
| INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1 ORIGEM DO PETRÓLEO E ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO OFFSHORE | 14 |
| 1.1 A origem do petróleo..... | 14 |
| 1.2 A exploração de petróleo e gás natural..... | 16 |
| 2 SONDA DE PERFURAÇÃO E SEUS SISTEMAS..... | 18 |
| 2.1 A Perfuração de Poços de Petróleo | 18 |
| 2.2 Sistemas de uma sonda de Perfuração..... | 21 |
| 3 ATIVIDADE DA PERFURAÇÃO MARÍTIMA E SEUS TIPOS DE PLATAFORMA OFFSHORE..... | 29 |
| 3.1 A Perfuração Marítima e suas operações | 29 |
| 3.2 Plataformas <i>Offshore</i> | 31 |
| 4 PRINCIPAIS POLUENTES DA PERFURAÇÃO: FLUIDO DE PERFURAÇÃO E CASCALHO..... | 38 |
| 4.1 Fluido de Perfuração | 38 |
| 4.2 Classificação dos Fluidos de Perfuração | 41 |
| 4.3 Toxicidade dos Fluidos de Perfuração | 46 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Cascalho e sua Toxicidade | 47 |
| 5 FORMAS DE PREVENIR, MITIGAR E\OU REDUZIR IMPACTOS AMBIENTAIS . | 50 |
| 5.1 Sistema de Controle de Sólidos..... | 50 |
| 5.2 Questão Ambiental quanto ao descarte de sólidos de perfuração | 52 |
| CONCLUSÃO..... | 56 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS | 57 |

INTRODUÇÃO

Na sociedade moderna o uso de energia é vital para a maioria das atividades humanas. A produção de energia é baseada na exploração de recursos naturais, provocando uma série de modificações no ambiente. Desde que nossa sociedade começou a ser formada, a necessidade de se obter energia se tornou uma realidade, o que se intensificou com a Revolução Industrial, baseada no uso intensivo de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo. No século XIX a revolução tem seu auge, com o uso em larga escala do petróleo e seus derivados, utilizados em processos industriais e como combustíveis para veículos. Sua importância aumentou gradualmente e, principalmente após a segunda guerra mundial, ganhou espaço como recurso mais utilizado para gerar energia no mundo até hoje (FARIA 2003).

O petróleo transformou profundamente a economia, a sociedade e o espaço do Brasil após sua descoberta, principalmente nas últimas quatro décadas, fornecendo divisas, energia e matérias-primas para o processo de industrialização, gerando além de crescimento econômico, muitos problemas ambientais.

Atualmente é o recurso mais importante para geração de energia, e sua busca é muito intensa. Onde há petróleo há interesse das nações em investir em pesquisa e exploração, mesmo que isso signifique gerar impactos ambientais. O modo de produção e de consumo de recursos naturais, fundado na lógica de consumo ilimitado, gera uma acelerada degradação do ambiente, com o esgotamento dos recursos ambientais e impactos como a rápida liberação do carbono fóssil para a atmosfera, elevando a temperatura do planeta. (DIAS,2008)

As atividades de exploração e produção de Petróleo e Gás, tanto em terra quanto no mar, geram diversos tipos de resíduos que podem impactar o meio ambiente de forma direta e indireta. Com o desenvolvimento desta atividade, associando-a a novas tecnologias, é possível aprimorar cada vez mais o gerenciamento dos resíduos, reduzindo os impactos e buscando soluções ambientalmente amigáveis.

O Brasil no qual estas atividades acontecem busca aprimorar suas leis ambientais e conseqüentemente, sua fiscalização e controle sobre estas atividades, demandando assim das empresas de exploração e produção de petróleo o desenvolvimento de políticas voltadas ao

meio ambiente que garantam uma operação segura e com menor dano possível ao meio ambiente. (DIAS,2008)

De acordo com a Resolução Conama nº 001/86, impacto ambiental é:

“... qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e qualidade dos recursos ambientais...”
(CONAMA, 2004)

A perfuração e completação de poços no fundo do mar é uma das atividades realizadas por indústrias de serviços de petróleo e gás. O uso de fluidos de perfuração e completação têm o objetivo de resfriar e lubrificar a broca de perfuração, agregar ao fluido características importantes para o desempenho da perfuração, tais como reduzir a corrosão, manter os níveis ideais de densidade evitando com que petróleo e gás cheguem à superfície de maneira desordenada, retornar os resíduos originados pela perfuração (cascalhos) à superfície (plataforma ou sonda de perfuração).

Os resíduos originados desta operação não podem ser descartados direto no mar, o que demanda uma logística adequada para o retorno desses resíduos à terra firme, com o seu adequado tratamento e descarte. A preocupação com o meio ambiente vem ocorrendo de forma contínua e crescente desde o início da década de 1970, e a partir deste momento, a ONU (Organização das Nações Unidas) organizou a Conferência de Estocolmo (1972), dando destaque aos problemas políticos, sociais e econômicos e suas influências diretas sobre o meio ambiente. Desde então, a questão ambiental passou a ser considerada uma forma de conscientização e de ação estratégica, pedagógica e organizacional, adquirindo relevância e vigência internacionais (DIAS, 2008).

Feitas essas considerações iniciais, busca-se, neste estudo, fazer uma análise teórica acerca dos impactos ambientais causados pela perfuração de petróleo (cascalho e fluido de perfuração). Para tanto, o procedimento metodológico utilizado foi a pesquisa bibliográfica, a partir das leituras realizadas através de um referencial teórico obtido em revisão bibliográfica, recorrendo-se ao uso de materiais como livros, revistas, artigos, periódicos e legislações.

1 ORIGEM DO PETRÓLEO E ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO OFFSHORE

1.1 A origem do petróleo

O petróleo – do latim *petróleo*: *petrus*, pedra e *oleum*, óleo; do grego *petrelaion*: óleo da pedra – é um combustível fóssil formado em bacias sedimentares sob efeito de pressão e temperatura ao longo do tempo geológico, há milhões de anos, a partir de substâncias orgânicas. Esse material orgânico, rico em compostos de carbono e hidrogênio, acumulou-se em rochas chamadas geradoras, quando submetido a temperaturas entre 600 e 1200°C, transformou-se em petróleo e gás natural. Uma vez formado o petróleo, este passa a ocupar um volume maior que a mistura orgânica original na rocha geradora. A pressão excessiva faz com que a rocha se fracture, expulsando os fluidos para uma zona de pressão mais baixa até a chegada em um local selado, alojando-se numa estrutura localizada na parte mais alta de um compartimento da rocha porosa, isolada por camadas impermeáveis, resultantes de modificações sofridas pelas rochas ao longo do tempo geológico, através do desenvolvimento de dobras e falhas na crosta terrestre (MILANI *et al*, 2000).

O petróleo é um recurso natural abundante, apesar de finito e é, atualmente, a principal fonte de energia utilizada no mundo. Serve como matéria-prima para fabricação dos mais variados produtos, como benzinhas, óleo diesel, gasolina, parafina, gás natural, querosene, solventes, óleos lubrificantes, alcatrão, polímeros plásticos, fertilizantes, pesticidas, embalagens e medicamentos. Por outro lado, impulsionou muitas guerras, seja como objeto direto da disputa ou como matéria-prima para alimentar a indústria bélica, não só como combustíveis, mas na composição do *napalm*, um tipo de gasolina gelificada utilizada como bombas em ataques a partir da Segunda Guerra Mundial.

Segundo Canuto (2007), o início da utilização do petróleo se deu 4000 anos antes de Cristo, a partir de exsudações e afloramentos frequentes no Oriente Médio, onde povos da Mesopotâmia, do Egito, da Pérsia e da Judéia já utilizavam o betume para pavimentação de estradas, calefação de grandes construções, aquecimento e iluminação de casas, e como lubrificantes. Os gregos e romanos embebiam lanças incendiárias com betume para atacar as muralhas inimigas. No início da Era Cristã, os árabes davam ao petróleo fins bélicos e de iluminação. A moderna era do petróleo teve início em meados do século XIX, quando um norte-americano conhecido como Coronel *Drake* encontrou petróleo a cerca de 20 metros de

profundidade no oeste da Pensilvânia, utilizando uma máquina perfuratriz para a construção do poço. Os principais objetivos eram então a obtenção de querosene e lubrificantes. Nessa época, a gasolina resultante da destilação era lançada aos rios (prática comum na época) ou queimados, ou então misturados no querosene, por ser um explosivo perigoso. Entretanto, a grande revolução do petróleo ocorreu com a invenção dos motores de combustão interna e a produção de automóveis em grande escala, que deram à gasolina (obtida a partir do refino do petróleo) uma utilidade mais nobre.

A indústria moderna do petróleo data de meados do século XIX, na Pensilvânia, quando tal recurso ganha importância como fonte energética, tornando-se estratégico no século XX para empresas e Estados, sobretudo após o primeiro grande conflito mundial. A partir daí inaugurou-se uma corrida desenfreada para encontrar jazidas minerais de onde se pudesse extrair a matéria-prima dos combustíveis mais procurados para alimentar veículos automotores, o fornecimento de energia elétrica, a indústria pesada, de transformação e, inclusive, a da guerra. No Brasil, a sondagem em busca de petróleo começou na última década do século XIX, pelo regime de livre iniciativa, mas data de 1939 a perfuração do primeiro poço de petróleo brasileiro, em Lobato, no estado da Bahia. A exploração desse recurso ganhou grande importância no país, a ponto de ser criado em 1938 o Conselho Nacional do Petróleo desencadeando um movimento social envolvendo o governo federal e população, principalmente, as elites brasileiras e estrangeiras. Havia na sociedade uma geração inteira impregnada com a idéia de que não havia futuro sem petróleo, e estabeleceu-se no país uma corrida tecnológica a fim de desenvolver maneiras de se explorar petróleo na plataforma marítima, local de maior probabilidade de se encontrar o recurso em escala comercial. Em outubro de 1953, é criada a Petrobras por meio da lei 2.004, que instituía monopólio estatal nas atividades de pesquisa, lavra e comercialização de petróleo e gás natural, e que viria ser a maior empresa do país (FARIAS, 2003; LESSA, 2005).

A busca por petróleo em território nacional foi, como mostram esses estudos, não apenas uma necessidade econômica, mas uma afirmação de nacionalidade, uma aspiração ligada à necessidade de desenvolver e fazer crescer a economia brasileira, uma discussão política. Hoje o Brasil se considera auto-suficiente na produção de petróleo e gás natural e a expectativa é de que o país se torne um exportador do produto. Em 2006 a Petrobras anunciou a descoberta de um campo de exploração abaixo da camada de sal na Bacia de Santos, a 7.000

metros de profundidade, capaz de produzir um volume de óleo e gás que representa quase metade do total das reservas atuais. A corrida tecnológica de hoje diz respeito à exploração e ao refino desse óleo encontrado em águas ultra profundas do território nacional, mais pesado e mais viscoso, que o país não tem ainda condições de tratar. Desde sua descoberta em território nacional, o petróleo transformou profundamente a economia, a sociedade e o espaço do Brasil, principalmente nas últimas quatro décadas, fornecendo divisas, energia e matérias-primas para o processo de industrialização (MONIÉ, 2003), gerando além de crescimento econômico, muitos problemas ambientais.

1.2 A exploração de petróleo e gás natural

A exploração de petróleo e gás natural no mar compreende as fases de pesquisa sísmica, perfuração e desenvolvimento do poço, ou produção. A pesquisa sísmica consiste em estudos geológicos e geofísicos para detectar jazidas de petróleo e gás natural no subsolo da plataforma continental e de águas profundas. É feita por embarcações equipadas com canhões de ar comprimido, disparados em períodos determinados de tempo, gerando emissões acústicas de grande alcance (MORAES, 2004). Os impactos dessa fase são pouco conhecidos, mas estudos apontam que dentre os mais importantes estão a interferência em comportamentos biológicos importantes como acasalamento e desova em peixes, cetáceos e quelônios (VILARDO, 2007). Durante a perfuração do poço de petróleo e gás natural, há revolvimento do sedimento com a produção de cascalho, triturado pela broca utilizada e transportado à superfície através de um fluido de perfuração. Esse fluido é constituído de compostos químicos como sulfato de Bário ($BaSO_4$), que pode conter metais pesados, como cádmio e mercúrio, e outras substâncias como potássio, ácido acético, óleo e gases e parte é liberada agregada ao cascalho para o ambiente marítimo. A produção de cascalho varia de volume de acordo como volume do poço perfurado, e os impactos associados a ela são a morte da comunidade bentônica (conjunto de organismos que vivem todo ou parte de seu ciclo de vida no substrato de fundo de ambientes aquáticos), tanto pelo impacto físico do cascalho quanto pela toxicidade do fluido agregado ao sedimento. Além disso, ocorre risco de vazamento de óleo e fluido de perfuração durante a operação. Na fase de desenvolvimento, ou produção de petróleo, os impactos são: o descarte de resíduos orgânicos provenientes da atividade nas plataformas e navios; descarte de água de produção, que é produzida junto com

o óleo e o gás; riscos de vazamentos e outros acidentes decorrentes do armazenamento e transporte do petróleo; alteração da qualidade da água; interferência na biota marinha; introdução de espécies costeiras em área oceânica, levadas pela água de lastro e cascos de embarcações; desenvolvimento de comunidades incrustantes na estrutura física da unidade; liberação de gases como dióxido e monóxido de carbono ou derivados de enxofre e nitrogênio para a atmosfera, alteração na qualidade do ar. Sendo o recurso mais importante para geração de energia atualmente, a busca pelo petróleo é muito intensa. Onde há petróleo há interesse das nações em investir em pesquisa e exploração, mesmo que isso signifique gerar impactos ambientais. O modo de produção e de consumo de recursos naturais, fundado na lógica de acumulação ilimitada, gera uma acelerada degradação do ambiente, com o esgotamento dos recursos ambientais levando a distúrbios ecológicos, como a rápida liberação do carbono fóssil para a atmosfera, elevando a temperatura do planeta.

O Brasil investiu em tecnologia para explorar o recurso em plataformas marítimas, numa época em que isso parecia impossível, em busca da autonomia e desenvolvimento prometido pela exploração do *ouro negro*. Atualmente continua a buscar inovações tecnológicas que permitam explorar o petróleo encontrado em águas com profundidade de cerca de 7000 metros.

2 SONDA DE PERFURAÇÃO E SEUS SISTEMAS

2.1 A Perfuração de Poços de Petróleo

A Perfuração é a etapa da exploração e produção de óleo e gás, onde só então será confirmada ou não a existência de petróleo. Os poços a serem inicialmente perfurados são denominados pioneiros e têm como objetivo sondar regiões ainda não produtoras. Caso um poço pioneiro acuse alguma descoberta, são perfurados outros poços para demarcar os limites do campo, chamados poços de delimitação ou extensão. Esta avaliação da extensão da jazida informa se é comercialmente viável produzir o petróleo descoberto. Todos os poços perfurados até então são classificados como exploratórios. Encontrando-se volume comercialmente viável, começa a fase da produção naquele campo. São perfurados os poços de desenvolvimento, que colocam o campo em produção. Deve ser salientado que em certos casos se aproveitam os poços pioneiros e de delimitação para produzir (PETROBRAS, 1997).

Em linhas gerais, a perfuração ocorre em duas fases: a de exploração e a de desenvolvimento. As atividades de exploração são as que envolvem a perfuração de um poço para localizar reservas de hidrocarbonetos, bem como suas dimensões e potencial produtivo. A fase de desenvolvimento ocorre uma vez que as reservas de hidrocarbonetos já foram descobertas, delineadas e confirmada à viabilidade comercial (THOMAS, 2004).

Existem dois métodos para se perfurar um poço de petróleo, o percussivo e o rotativo. Qualquer que seja o método utilizado, ele tem como objetivos perfurar o solo triturando rochas, retirar o material fragmentado gerado ao longo da perfuração e garantir a sustentação e vedamento do poço. A perfuração de percussiva a cabo é o método mais antigo, utilizado pelo Coronel *Edwin Drake* na perfuração do famoso “poço de *Drake*” em 1859, considerado por muitos o primeiro poço comercial perfurado e completado do mundo (há registros de que antes do século XIX os chineses já conheciam o método, utilizando-o para cavar poços d’água) (SCHACKNE et al, 1950).

É um método pouco utilizado atualmente, por ser lento e de profundidade limitada. Através deste método, abre-se um buraco no solo, uma haste de aço com uma broca em uma das extremidades é percutida na localização desejada, ocasionando a fratura da rocha ou

esmagamento do solo, permitindo o avanço da broca. Hoje o método de perfuração rotativa é o que a indústria do petróleo mais utiliza, embora ainda exista a combinação do rotativo e percussão. A perfuração de um poço é feita através de uma sonda. Nela uma torre de perfuração fica apoiada sobre uma superestrutura, onde se localiza a chamada mesa rotativa. Esta mesa sustenta e comunica um torque à coluna de perfuração, formada por diversos tubos conectados entre si com uma broca em sua extremidade, que vai perfurando as rochas em direção aos potenciais reservatórios. O diâmetro desses buracos pode variar de 5 cm a, aproximadamente 60 cm, mas geralmente encontra-se numa faixa de 20 a 30 cm.

Esta coluna consiste basicamente de comandos (tubos de paredes espessas) e tubos de perfuração (tubos de paredes finas). Quanto mais a broca se aprofunda, mais tubos de perfuração vão sendo encaixados em sua parte superior na superfície. Durante a perfuração os fragmentos da rocha são removidos continuamente através de um fluido de perfuração ou lama lançado pela broca. O fluido que é injetado por bombas para o interior da coluna de perfuração através da cabeça de injeção, ou *swivel*, circula pelo poço e retorna à superfície através do espaço anular formado pelas paredes do poço e coluna de perfuração. Ao atingir determinada profundidade, a coluna de perfuração é retirada do poço e uma coluna de revestimentos de aço, de diâmetro inferior ao da broca, é descida no poço. O anular entre os tubos do revestimento e as paredes do poço é cimentado com a finalidade de isolar as rochas atravessadas, permitindo então o avanço da perfuração com segurança. Após a operação de cimentação, a coluna de perfuração é novamente descida no poço, tendo na sua extremidade uma nova broca de diâmetro menor do que a do revestimento para o prosseguimento da perfuração. Um poço é perfurado em diversas fases, caracterizadas pelos diferentes diâmetros das brocas (THOMAS, 2004).

As Figuras 1 e 2 apresentam exemplos de brocas utilizadas na perfuração de poços de petróleo, sendo que na da Figura 2 observam-se claramente oito orifícios na extremidade da broca, por onde o fluido de perfuração é expelido. Naturalmente, conforme a broca evolui perfurando as formações, pedaços de rocha triturada são gerados, os quais se denominam “cascalho”. Este é levado à superfície através do fluido de perfuração, sendo esta uma das principais funções do fluido. Também serão vistos os principais impactos causados por esses dois componentes que tornam a atividade de perfuração mais arriscada no tocante à poluição do ambiente marinho.

Figura 1 : Exemplo de brocas de perfuração tricônica



Fonte: www.portalmaritimo.com

Figura 2: Exemplo de brocas de perfuração PDC



Fonte: www.portalmaritimo.com

2.2 Sistemas de uma sonda de Perfuração

De acordo com THOMAS (2004) os equipamentos de uma sonda rotativa responsáveis por determinada função na perfuração de um poço são agrupados nos chamados “sistemas” de uma sonda. Os principais sistemas são: de geração e transmissão de energia, de sustentação de carga ou suspensão, de movimentação de carga e de rotação, de circulação, de segurança ou controle do poço, de monitoramento do poço, conforme evidenciado no esquema explicado abaixo:

- Sistema de Geração e Transmissão de Energia

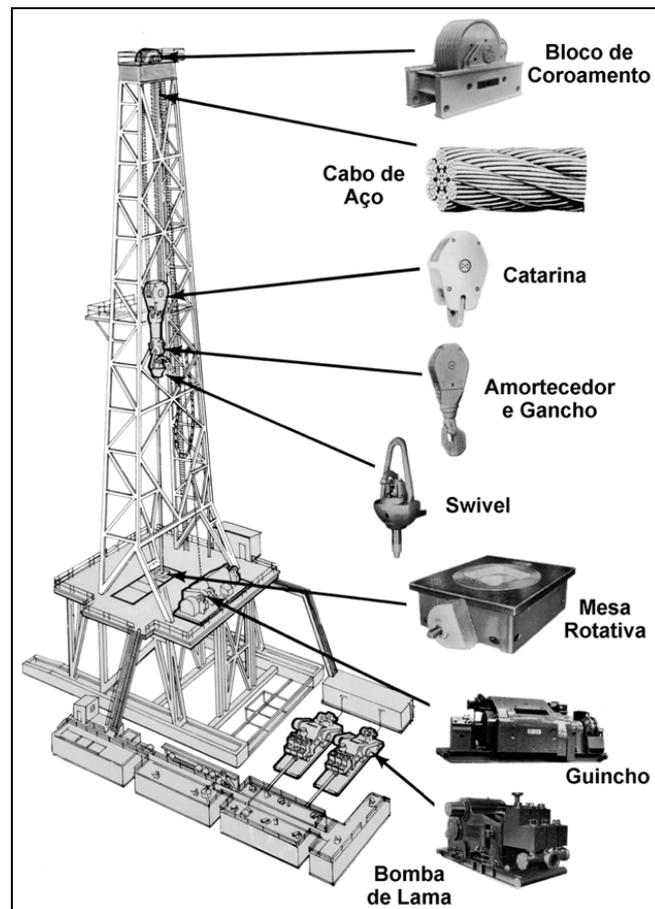
A energia necessária para acionamento dos equipamentos de uma sonda de perfuração é geralmente fornecida por motores a diesel. Este sistema de força permeia todos os sistemas que virão a seguir, consistindo no modo como as sondas de perfuração podem transmitir energia para seus equipamentos, por via mecânica ou *diesel*-elétrica. Os equipamentos das sondas modernas são geralmente movidos a motores *diesel* e algumas sondas marítimas, em que exista produção de gás, se fazem valer da utilização de turbinas a gás para geração de energia para toda a plataforma.

- Sistema de Sustentação de Carga ou Suspensão

Tem a função de sustentar e manobrar cargas (como a coluna de perfuração, revestimentos ou quaisquer outros equipamentos) para dentro ou fora do poço. Os componentes principais deste sistema são a torre ou mastro, o guincho, o bloco de coroamento e a catarina. A torre é uma estrutura que possui altura vertical necessária para elevar ou abaixar a coluna de perfuração, além de sustentar polias e cabos. A coluna de perfuração é formada por seções de tubos rígidos, que necessitam de espaço vertical livre para ocupar ao serem “içados” do poço. A movimentação pelo poço da coluna de perfuração e demais equipamentos é realizada com o auxílio de um guincho, que compreende basicamente o bloco de coroamento (polias fixas) e a catarina (polias móveis), com a função de içar e deslocar cargas pesadas.

A Figura 3 mostra o esquema típico de uma sonda rotativa, onde se observa os componentes do sistema de suspensão, movimentação de carga e de rotação.

Figura 3 : Esquema de uma sonda rotativa



Fonte: THOMAS, 2004

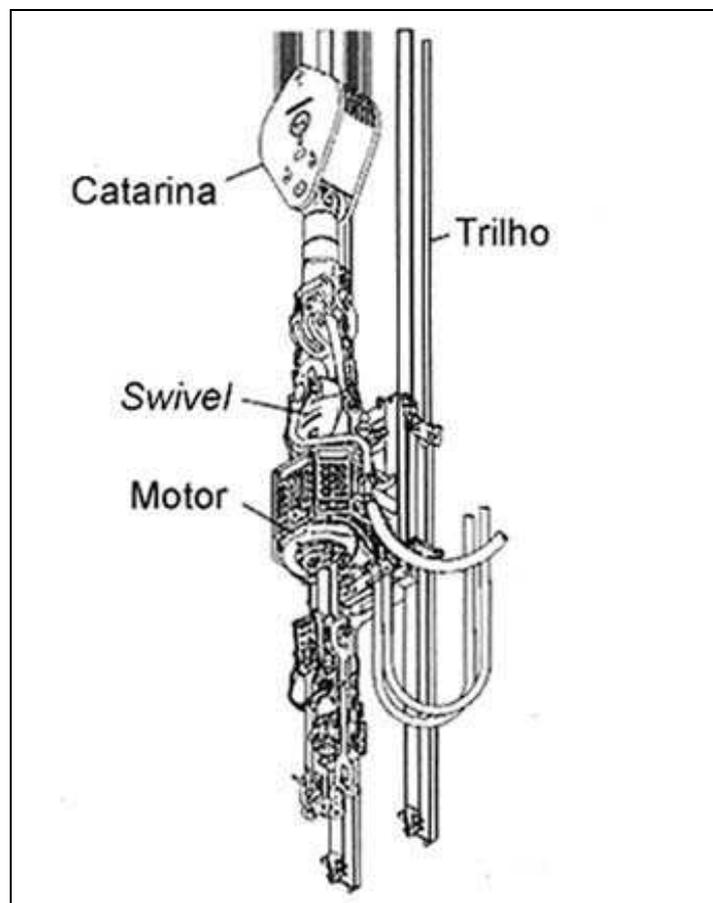
- Sistema de movimentação de carga e de rotação

O sistema de movimentação de carga permite movimentar as colunas de perfuração, de revestimento e outros equipamentos. Possui, como principais componentes o guincho, bloco de coroamento, catarina, cabo de perfuração, e elevador. O sistema de rotação é o responsável pela rotação da coluna de perfuração, compreendendo todos os equipamentos utilizados para girar a coluna de perfuração. Na sonda convencional os principais componentes deste sistema são a mesa rotativa, a haste quadrada (*kelly*) e a cabeça de injeção (*swivel*). A mesa rotativa é o equipamento que transmite o movimento de rotação à coluna de perfuração. A haste quadrada é a parte da coluna de perfuração localizada na superfície que transmite o torque da mesa rotativa ao resto da coluna. A cabeça de injeção é o equipamento que sustenta o peso da coluna de perfuração e permite seu giro, constituindo elemento de ligação entre a parte rotativa abaixo da haste quadrada e a fixa. Nas sondas convencionais, a coluna de perfuração é girada pela mesa rotativa localizada na plataforma da sonda,

permitindo a livre rotação da coluna de perfuração e sendo responsável pela penetração da broca na rocha.

Nas sondas modernas utiliza-se o sistema Top Drive (Figura 4) que dispensa a mesa rotativa e a haste quadrada. Neste sistema um motor acoplado à catarina transmite rotação à coluna de perfuração. Com o top drive, se ganha mais espaço e torna-se possível perfurar o poço de três em três tubos ao invés de um a um, quando se utilizava a mesa rotativa, ganhando em desempenho e segurança.

Figura 4 : Sistema de Top Drive



Fonte: THOMAS, 2004

- Sistema de Circulação

São os equipamentos que permitem a circulação e tratamento do fluido de perfuração, o qual é bombeado através da coluna de perfuração até a broca, retornando pelo espaço anular até a superfície e trazendo consigo os cascalhos (fragmentos de rocha) cortados pela broca. Na superfície, o fluido permanece dentro de tanques, após receber tratamento adequado. O

cascalho transportado para a superfície junto com a lama de perfuração constitui importante material de pesquisa para os geólogos, fornecendo informações a respeito das formações perfuradas.

Os principais componentes deste sistema são as bombas de lama, tanques de fluido e os diversos equipamentos de controle de sólidos. Estes se destinam a limpar para reciclagem do fluido de perfuração, além de limpá-lo de contaminantes antes do descarte no mar (óleos, argilas, siltes, areias, pedregulhos ou gases).

As bombas de lama (Figura 5) bombeiam o fluido de perfuração para dentro do poço. Descendo pela coluna de perfuração, o fluido é expelido pela broca e retorna pelo anular. O sistema é fechado, quando o fluido chega à superfície é acondicionado e tratado nos tanques de fluido. Os equipamentos de controle de sólidos são peneiras, decantadores, desareidores, dessiltadores, desgaseificadores e centrífugas. Podem existir variações no sistema de controle de sólidos de acordo com as exigências de cada legislação ambiental ou o rigor de cada operador (como quantidade de peneiras ou eficiência de cada equipamento).

Figura 5 : Bombas de lama

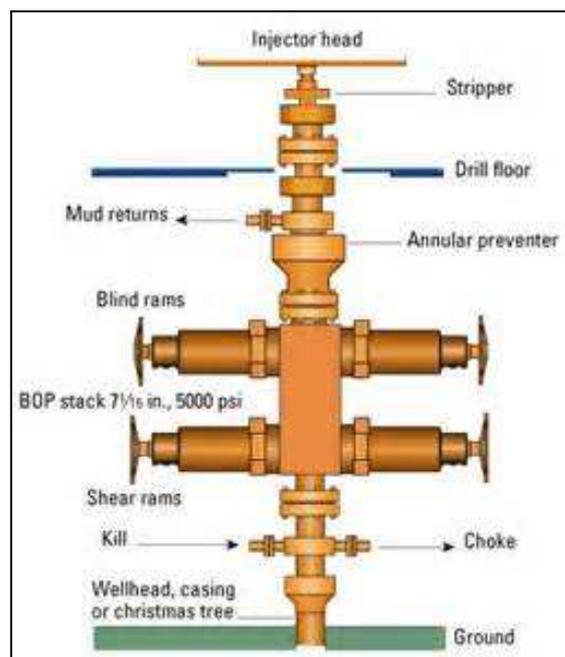


Fonte: THOMAS, 2004

- Sistema de Segurança ou controle do Poço

O sistema de segurança é constituído dos Equipamentos de Segurança de Cabeça de Poço (ESCP) e de equipamentos complementares que possibilitam o fechamento e controle do poço, em caso de *kick* ou *blowout*. Chama-se *kick* um fluxo indesejável de fluidos da formação para dentro do poço, que pode vir a se transformar numa erupção (*blowout*) que é o fluxo descontrolado do poço. Sendo o mais importante destes o *Blowout Preventer* (BOP) – conjunto de válvulas que permite fechar o poço conforme figura 6. Os principais componentes deste sistema são a “cabeça do poço” e os preventores, que se dividem em gavetas e BOP. Os preventores têm a função de fechar o espaço anular de um poço através de pistões, acionado hidráulicamente em caso de *kick*. Do conjunto de válvulas instaladas na cabeça do poço destaca-se a válvula do *choke*. Válvula do *choke* é aquela por onde são aliviadas as pressões de um poço fechado durante o controle de um *kick*. A da linha de *kill* é a linha de alta pressão através da qual se introduzem no poço as lamas de alta densidade para equilibrar a pressão da coluna hidrostática com a do fundo do poço, após a ocorrência de um *kick*. A detecção de um *kick* durante as operações de perfuração é realizada com o auxílio de um indicador de fluxo ou indicador de volume de lama, que detectam um aumento do fluxo de lama que está retornando do poço sobre aquele que está sendo circulado pela bomba. Uma falha no sistema de controle do poço pode ocasionar uma erupção (*blowout*).

Figura 6 : *Blow Out Preventer* (BOP)



Fonte: www.camerondobrasil.com

- Sistema de Monitoramento do Poço

O sistema de monitoramento do poço tem por objetivo registrar e controlar parâmetros que auxiliem na análise da perfuração, possibilitando detectar rapidamente possíveis problemas relativos à perfuração. São utilizados manômetros para indicar as pressões de bombeio, torquímetros para informar o torque na coluna de perfuração, tacômetros para indicarem a velocidade da mesa rotativa e da bomba de lama, indicadores de peso e torque sobre a broca, etc. Demais parâmetros monitorados incluem profundidade de perfuração, taxa de penetração, velocidade de rotação, taxa de bombeamento, densidade, salinidade e temperatura da lama, conteúdo de gás na lama, conteúdo de gases perigosos no ar, nível de lama e taxa de fluxo da lama.

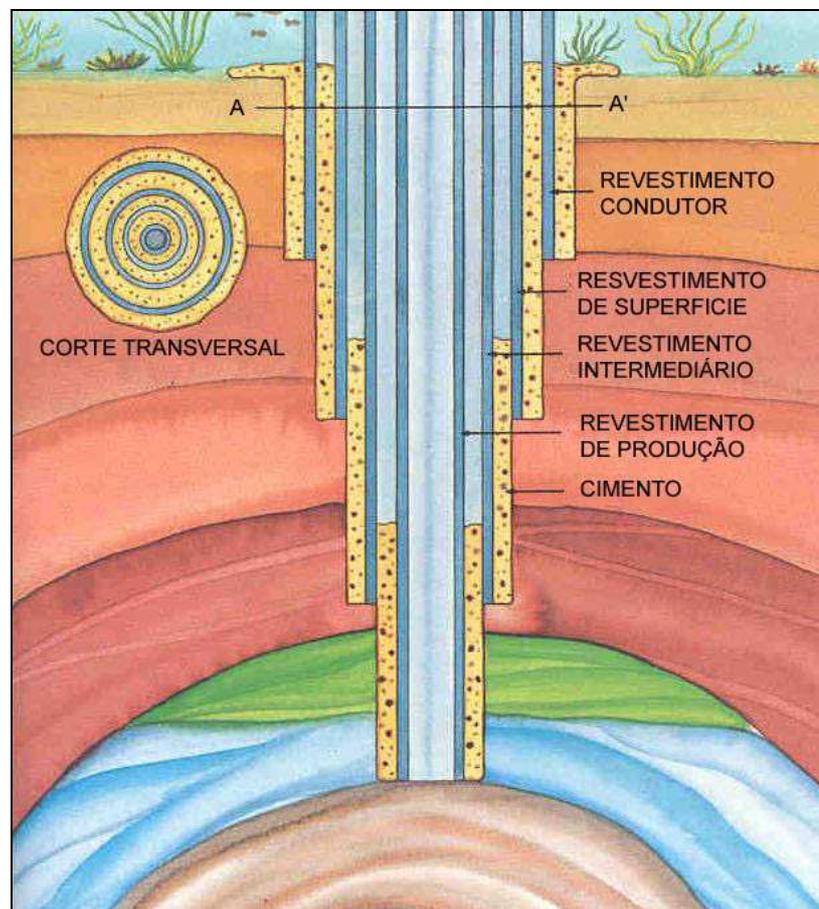
Compreendidos todos os sistemas que compõem uma sonda rotativa de perfuração *offshore*, é importante mencionar à atividade de revestimento dos poços que é fundamental para mantermos a integridade do poço.

Por ocasião da perfuração de um poço de petróleo é necessário revestir suas paredes a fim de manter a estabilidade estrutural do poço (evitando o desmoronamento) e a integridade da região perfurada, selando a formação geológica aberta para conter a pressão das formações durante as atividades de perfuração, produção e manutenção do poço durante a sua vida útil, além de prevenir o poço contra contaminações e, o mais importante, sobretudo, cumprindo com os procedimentos de segurança, evitar qualquer malefício ao meio ambiente.

O revestimento é o principal componente estrutural do poço. Constitui-se em uma coluna cujo diâmetro pode variar de 5 a 30 polegadas, formada por tubos de aço especial rosqueados. Como o poço é perfurado em fases, de acordo com o tipo de formação geológica encontrada, em cada fase são utilizados determinados tipos de broca, fluido de perfuração e é gerado cascalho de determinada granulometria, que é estudado para caracterizar o reservatório e a formação geológica perfurada. Apresentamos a figura 6, que exhibe um corte do *seabed* (subsolo marinho) exemplificado essas diversas fases. Cada fase que se encerra recebe um revestimento adequado, permitindo que se inicie a perfuração da próxima fase. Existem basicamente quatro tipos de revestimentos: o condutor, o de superfície, o intermediário e o de produção, todos apresentados na Figura 7. Não precisam ser necessariamente utilizados todos os tipos de revestimentos em um poço. O primeiro revestimento do poço é o condutor, que como está mais próximo da superfície tem a função de prevenir desabamentos de formações

próximas à superfície que estejam fracas ou não consolidadas, e proteger lençóis freáticos. O revestimento de superfície também contribui para prevenir desmoronamentos de formações não consolidadas. Serve como base de apoio para equipamentos de segurança. O último é o revestimento de produção, que é descido ao poço em caso de ocorrer à produção. Ele isola as zonas de produção no caso de um vazamento do *tubing*, uma tubulação específica que é colocada dentro do revestimento para levar o óleo e gás até a superfície (THOMAS, 2004; ECONOMIDES et al., 1998; BOURGOYNE et al., 1991).

Figura 7 : Perfil do Poço exibindo os revestimentos



Fonte: THOMAS, 2004

O revestimento após assentado é “cimentado”. Uma pasta de cimento é bombeada ocupando o espaço anular entre o revestimento e as paredes do poço, fixando a tubulação e selando o espaço anular. Deste modo evita-se o fluxo de fluidos das formações pelas paredes do poço, isolando a zona.

Após ser explorada a seqüência de sistemas que compõem uma sonda de perfuração offshore, veremos a seguir, no próximo capítulo como se desenvolveu a Perfuração Marítima, suas particularidades e tipos de Plataformas (sondas *offshore*).

3 ATIVIDADE DA PERFURAÇÃO MARÍTIMA E SEUS TIPOS DE PLATAFORMA OFFSHORE

3.1 A Perfuração Marítima e suas operações

Conforme consta da história o “primeiro” poço marítimo de petróleo foi perfurado em *Summerland* (Califórnia, EUA) em 1896 (MMS, 2001). Mas há registros de que em 1264, em visita à cidade persa de Baku no Mar Cáspio, Marco Pólo teria mencionado fontes abundantes de alcatrão (óleo) surgindo através de “furos”, provavelmente poços de petróleo. A primeira perfuração marítima “comercial” de um poço de óleo e gás, utilizando uma plataforma de petróleo, foi feita em 1947 pela empresa americana *Kerr-McGee Corporation*. A denominada “plataforma marítima” era uma torre de perfuração instalada sobre uma barçaça, semelhante à da Figura 8, e a perfuração foi feita a cerca de 20 km da costa e a 5 metros de profundidade, na costa da *Louisiana* (EUA) (MMS-MINERAL MANAGEMENT SERVICE, 2001)

Figura 8 : Plataformas marítimas de petróleo pioneiras



Fonte: LOUISIANA SECRETARY OF STATE MUSEUMS, 2001.

Na década de 50 começou a atividade de exploração marítima de petróleo no Golfo do México, litoral da Venezuela (lago Maracaíbo) e Golfo Pérsico. Década que marcou uma intensa atividade exploratória e começou a se intensificar as incursões no mar. Na década de 60 começaram as atividades exploratórias no Mar do Norte e na de 70 no litoral do Brasil (PATIN, 1999).

Segundo THOMAS (2004), durante a perfuração de um poço, que se caracteriza pela aplicação de peso e rotação na broca, enquanto circula o fluido de perfuração, uma série de operações desempenha papel importante no processo:

- Alargamento e repassamento - a primeira consiste em reperfurar o poço com uma broca de diâmetro maior que a utilizada para sua perfuração; a segunda seria calibrar o poço em algum trecho que tenha estreitado.
- Conexão, manobra e circulação - a conexão é o processo de acrescentar um novo tubo de perfuração à coluna, enquanto a manobra completa consiste na retirada e descida de toda a coluna de perfuração para substituição da broca. A circulação, por sua vez, consiste em se manter a broca pouco acima do fundo do poço e apenas circular o fluido de perfuração para remover os cascalhos do espaço anular.
- Revestimento de um poço de petróleo - o poço é perfurado em fases, cujo número depende das características das zonas a serem perfuradas e da profundidade final prevista. Cada uma das fases é concluída com a descida de uma coluna de revestimento e sua cimentação.
- Cimentação de poços de petróleo - Após a descida da coluna de revestimento, geralmente o espaço anular entre a tubulação de revestimento e as paredes do poço é preenchido com cimento, de modo a fixar a tubulação e evitar que haja migração de fluidos entre as diversas zonas permeáveis atravessadas pelo poço, por detrás do revestimento.
- Perfilagem - consiste na medição de propriedades das formações após perfuração de uma fase do poço, de maneira a caracterizar e avaliar economicamente o ativo.
- Movimentação da sonda - uma vez terminado o poço, é necessário mudar a sonda para nova localização. No mar, a movimentação é conhecida como DMM (Desmobilização, Movimentação e Mobilização) e consiste na preparação da Unidade de Perfuração Marítima

(UPM) para sua movimentação por intermédio de rebocadores ou por propulsão própria e, em seguida, seu posicionamento na nova locação.

Quando a perfuração é realizada no mar, e a plataforma utilizada é flutuante, uma série de equipamentos e procedimentos especiais devem ser adotados para manter o navio ou plataforma de perfuração em sua locação determinada e compensar os movimentos induzidos pela ação das ondas e vento. A plataforma ou navio é rebocada até a locação (em caso de não possuir propulsão própria) e, lá chegando é ancorada ao fundo do mar (em caso de não possuir posicionamento dinâmico). No meio marítimo é utilizado um *riser* de perfuração, que é um tubo condutor de grande diâmetro, para estabelecer um meio de comunicação entre o poço e a plataforma na superfície, por onde irá circular a lama e retornar o cascalho. O *riser* guia a coluna de perfuração e os revestimentos da plataforma até o poço. A necessidade de se perfurar em águas mais profundas fez surgir novos tipos de equipamentos e técnicas especiais orientadas especificamente à perfuração marítima (THOMAS, 2004).

3.2 Plataformas *Offshore*

Existem basicamente dois tipos de plataformas ou unidades de perfuração marítima que podem ser classificadas em duas categorias: as com o BOP (*blowout preventer*) na superfície, e as com BOP no fundo do mar. As com o BOP na superfície se subdividem em: plataformas fixas, auto-eleváveis, pernas tensionadas (*tension legs*), e as submersíveis. As plataformas com o BOP no fundo do mar se subdividem em: plataformas semi-submersíveis e os navios sonda (THOMAS, 2004; PETROBRAS, 1997). Abaixo temos as definições e as figuras ilustrativas de cada tipo de plataforma:

- Plataformas fixas - São estruturas feitas em aço sobre as quais é montada uma superestrutura que comporta todos os equipamentos fundamentais às atividades de perfuração, e estocagem de materiais e heliponto, que são instaladas no local da operação através de estacas cravadas (estaiadas) no fundo do mar. A instalação deste tipo de plataforma é feita com o seu reboque até a locação por não possuírem propulsão. São localizadas nos campos com lâminas d água de até 300 metros, pois possuem limitação de profundidade. Devido aos altos custos envolvidos no projeto, construção instalação da plataforma, sua aplicação se

restringe ao desenvolvimento de campos já conhecidos. Em contrapartida, possuem a vantagem de serem estáveis até sob as condições mais severas de mar, já que não flutuam. Na próxima página temos a figura 9 que ilustra uma plataforma fixa de perfuração.

Figura 9 : Plataforma fixa



Fonte: www.portalmaritimo.com

- Plataformas auto-eleváveis - são constituídas de uma balsa equipada com estruturas de apoio que, mecânica ou hidraulicamente, movimentam-se para baixo até atingirem o fundo do mar com a mesma vantagem das plataformas fixas de ter uma boa estabilidade. São plataformas móveis, transportadas por rebocadores ou com propulsão própria. Também projetadas para operar em águas rasas. Para transporte da plataforma, as pernas são elevadas e o conjunto é rebocado até a locação determinada. Para abandono da locação, as pernas da plataforma são suspensas e a unidade é rebocada para outra locação. A Figura 10 ilustra este tipo de plataforma de perfuração.

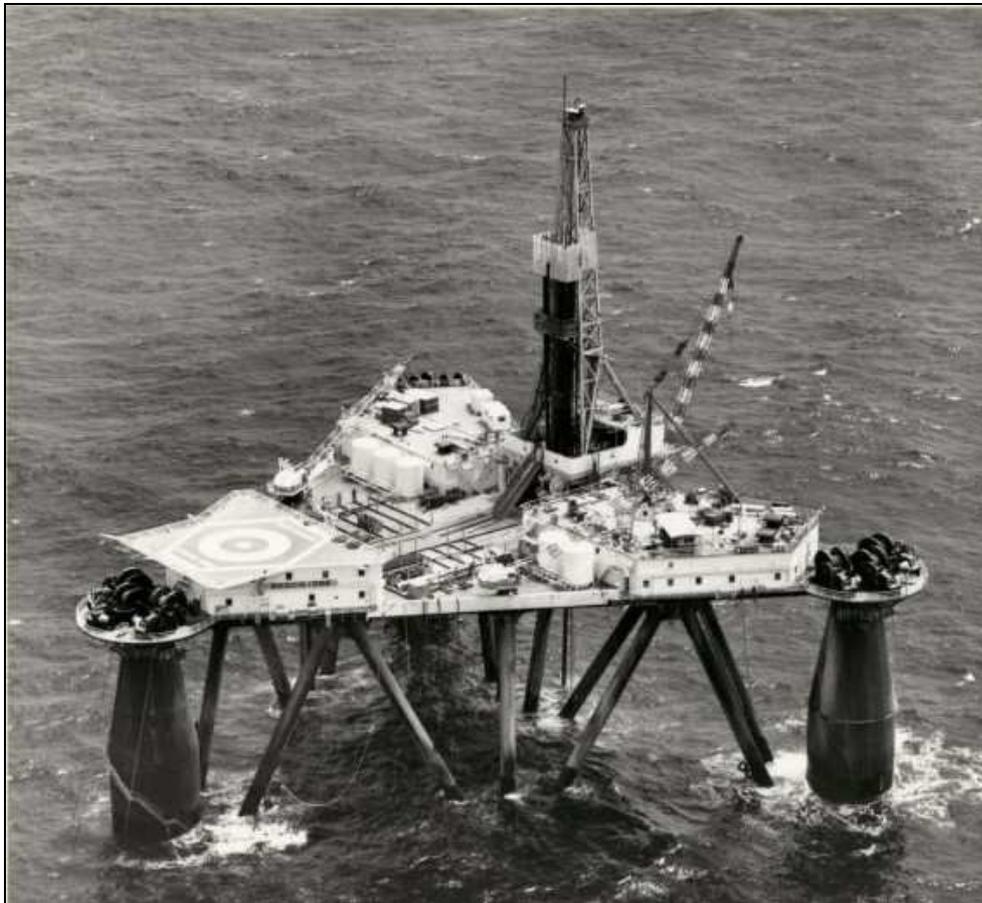
Figura 10: Plataforma auto-eleváveis



Fonte: www.portamaritimo.com

- Plataformas submersíveis-constituem-se de uma estrutura montada sobre um flutuador, utilizada basicamente em águas calmas com pequena lâmina d água. São lastreadas até seu casco inferior se apoiar no fundo. Tem utilização limitada devido atualmente se explorar em lâminas ultra-profundas e também pelo fato de se construírem plataformas semi-submersíveis e com isso inviabilizando a construção deste tipo de unidades. A figura 11 ilustra este tipo de plataforma.

Figura 11 : Plataforma submersível



Fonte: www.portalmaritimo.com

- Plataformas Semi-submersíveis - Neste tipo de plataforma a subestrutura se apóia sobre colunas e pontoons submarinos (elemento estrutural de ligação de colunas). O lastro é variado de modo a posicionar o calado da unidade longe da ação das ondas. As semi-submersíveis são plataformas que podem operar em maiores lâminas d'água, sendo que a profundidade operacional será limitada principalmente pelos equipamentos do sistema de amarração e pelo sistema de *risers* (conduto que liga a plataforma ao fundo do mar). As semi-submersíveis podem ser de posicionamento dinâmico ou ter seu posicionamento controlado por sistemas de ancoragem. A Figura 12 apresenta na próxima página um exemplo deste tipo de plataforma.

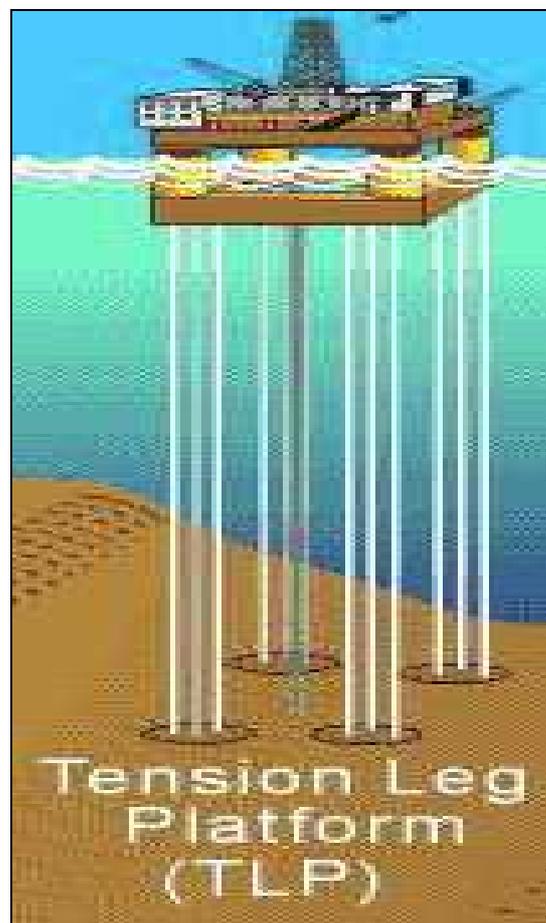
Figura 12: Plataforma semi-submersível



Fonte: www.portalmaritimo.com

- Plataformas de Pernas Tencionadas (*Tension Legs*) - são plataformas utilizadas para desenvolvimento de campos. Sua estrutura é bastante similar à plataforma semi-submersível, sendo que suas pernas principais são ancoradas no fundo do mar por meio de cabos tubulares tencionados verticalmente, o que reduz severamente o movimento da plataforma. Um exemplo deste tipo de plataforma encontra-se na Figura 13.

Figura 13: Plataforma de pernas tensionadas



(Fonte: MMS-MINERAL MANAGEMENT SERVICE-US)

- Navios Sonda - Os navios sonda de perfuração são navios projetados ou adaptados (convertidos) às atividades de perfuração. Sua principal vantagem é a capacidade de perfurar em quase qualquer lâmina d'água. Neste tipo de navio é feita uma abertura em seu centro de gravidade e no casco, sobre o qual é montada a torre de perfuração e por onde é permitida a passagem da coluna de perfuração, tubulações e outros equipamentos. Ao contrário das demais plataformas possuem propulsão própria, possibilitando o deslocamento até o local da perfuração. Este tipo de plataforma, além da propulsão, possui um sistema de posicionamento dinâmico que é composto por sensores acústicos e de satélites, propulsores e computadores que anulam os efeitos do vento, ondas e correntes marítimas que tendem a deslocar o navio de sua posição. A Figura 14 ilustra este tipo de plataforma de perfuração.

Figura 14: Navio sonda



Fonte: www.transocean.com

4 PRINCIPAIS POLUENTES DA PERFURAÇÃO: FLUIDO DE PERFURAÇÃO E CASCALHO

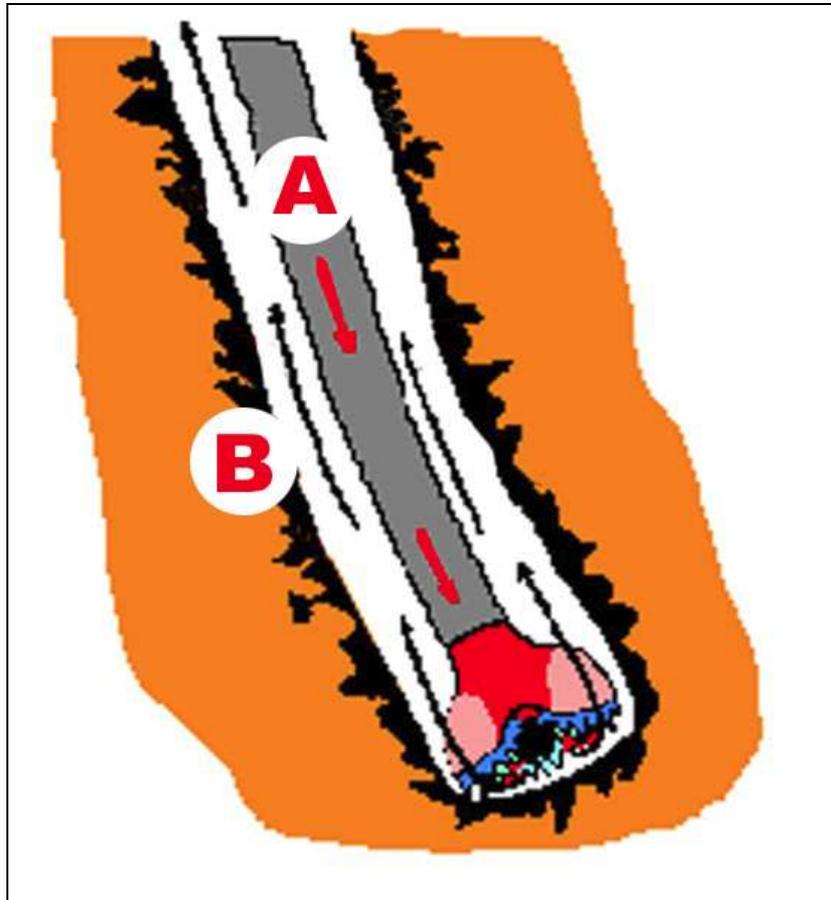
Resíduos que caracterizam a perfuração dos poços de óleo e gás, o cascalho e o fluido de perfuração, geram polêmica em torno da utilização e descarte e, com isso, os têm colocado em posição de destaque no debate internacional sobre o impacto ambiental na etapa da exploração marítima de óleo e gás, através da perfuração. Isto vem exigindo uma legislação própria que regulamente a matéria no Brasil, principalmente após a abertura do setor petróleo no país. (MILANI et al,2000)

Para compreender a questão ambiental na etapa da perfuração de poços marítimos de óleo e gás é preciso conhecer os resíduos desta atividade. Esta discussão está centrada no cascalho e fluido de perfuração que são os principais. É preciso compreender a influência do fluido utilizado sobre o cascalho produzido pelo poço, conhecer e entender as peculiaridades, vantagens e desvantagens da utilização de cada tipo de fluido e as preocupações com a toxicidade, biodegradação e bioacumulação que intermediam o descarte dos fluidos em ambiente marinho. (GESAMP, 1993).

4.1 Fluido de Perfuração

Na perfuração de um poço de petróleo, a broca expelle através de pequenos orifícios o chamado fluido de perfuração, conforme o caminho indicado pela letra A na Figura 15. Ao avançar triturando as formações geológicas, a broca gera o cascalho que é transportado até a superfície pelo fluido de perfuração. Este transporte é feito através do espaço anular formado entre a coluna de perfuração e as paredes do poço, conforme o caminho indicado pela letra B na Figura 15. Os fluidos de perfuração são misturas de sólidos, líquidos, aditivos químicos e/ou até gases. Podem assumir o aspecto de suspensões, emulsões ou dispersões coloidais, dependendo do estado físico de seus componentes. Quando da perfuração dos primeiros poços de petróleo, utilizava-se a própria argila da formação misturada à água formando uma espécie de lama, motivo do fluido também ser denominado lama de perfuração (VEIGA, 1998).

Figura 15: Fluxo de fluido de perfuração



Fonte: WELL CONTROL MANUAL, 2002

A utilização de fluidos de perfuração começou em 1901 no poço de *Spindletop* no *Texas* (BOURGOYNE et al., 1991) e seu desenvolvimento permanece até hoje como um grande desafio para a indústria do petróleo, na busca pelo ponto ótimo entre custo, desempenho técnica, e a partir da década de 80, o atendimento às exigências ambientais. A eficiência da perfuração de um poço depende em grande parte do casamento entre o fluido de perfuração utilizado com as formações perfuradas.

São funções dos fluidos de perfuração (VAN DYKE, 2000; ECONOMIDES et al., 1998; BOURGOYNE et al., 1991; LUMMUS et AZAR, 1986):

- Lubrificar e resfriar a broca - O peso e rotação sobre a broca são muito elevados, gerando atrito e conseqüentemente calor, necessitando de resfriamento, oferecido pelo fluido de perfuração. A fricção entre a broca e as paredes do poço também é muito elevada, exigindo lubrificação também proporcionada pelo fluido.
- Limpar o poço e transportar o cascalho à superfície - O fluido de perfuração tem a função de “limpar” o poço, ou seja: abrir passagem para a broca retirando os pedaços de rocha já triturados, para que não haja perda de tempo "retriturando-o", o que reduz a taxa de penetração nas formações. O cascalho é carreado para a superfície pelo espaço anular situado entre a coluna de perfuração e as paredes do poço.
- Proteger e suportar as paredes do poço - O fluido de perfuração fornece a pressão hidrostática necessária para evitar o colapso das paredes do poço. O controle das pressões no interior do poço é feito pelo fluido através da geração de uma pressão hidrostática superior à pressão dos fluidos das formações (aqueles contidos nos poros das formações) cortadas pela broca. Quando esta pressão hidrostática se torna menor do que a das formações, e em presença de permeabilidade suficiente, pode ocorrer o fluxo de fluido de formação para o interior do poço, que se não devidamente controlado pode se transformar numa erupção (*blowout*). Quando o fluido exerce pressão sobre as paredes do poço, uma parcela penetra nos poros da formação (filtrado). As partículas sólidas da lama grudam nas paredes do poço formando uma fina camada impermeável que estabiliza as formações (*mud cake*, que pode ser traduzido como “reboco”). Esta camada, além de estabilizar as paredes do poço, reduz a absorção de fluido de perfuração pelas formações, a chamada perda de fluido, quando se diz que “o poço está bebendo”. Um argilo-mineral viscosificante denominado bentonita é freqüentemente adicionado à lama para melhorar sua habilidade em formar o referido “reboco” que estabiliza as paredes do poço.
- Prevenir a entrada de fluidos da formação para dentro do poço - A pressão hidrostática do fluido de perfuração no poço pode ser a mesma, maior ou menor do que a pressão das formações perfuradas. Quando a pressão do fluido no poço é igual à das formações diz-se que o poço está balanceado (*balanced*). Quando ela é menor do que a das formações diz-se que o poço está sub-balanceado (*underbalanced*). E quando é maior que a das formações diz-se que

o poço está sobre balanceado (*overbalanced*). No caso *underbalanced* é permitida e pode ocorrer a penetração de fluidos da formação no interior do poço. Este fluxo descontrolado é denominado *kick*, que pode progredir para uma erupção (*blowout*) se não controlado. Portanto, a perfuração deve ser conduzida com um fluido de peso/densidade que proporcione a pressão adequada para manter os fluidos da formação longe do poço, a menos que a perfuração seja *underbalanced*.

- Trazer à superfície informações a respeito das formações perfuradas - O cascalho e fluido de perfuração que chegam à superfície constituem valiosas fontes de informações sobre as formações que estão sendo perfuradas. Geólogos examinam o cascalho para saber que tipos de formação estão perfurando no momento, assim como os técnicos de fluido de perfuração analisam o seu retorno, avaliando o quanto de água, gás ou óleo está entrando no poço.

4.2 Classificação dos Fluidos de Perfuração

Os fluidos de perfuração também seguem uma classificação quanto à sua base, que pode ser água, óleo, sintética e a ar. Podem ser utilizados fluidos de perfuração de diferentes bases para cada fase de perfuração de um mesmo poço. Durante a perfuração de um poço pode ocorrer ingresso de fluidos de perfuração no meio marítimo através de eventos acidentais (vazamentos ou erupções) ou operacionais, como o descarte de cascalho ao mar (que leva o fluido agregado), através das trocas de fluido ao final de cada fase de perfuração ou ao final das atividades (quando não há reaproveitamento de fluido). Logo a importância de se saber qual tipo de fluido está sendo manuseado (VEIGA, 1998).

- Os Fluidos de Perfuração à Base de Água:

A grande maioria dos fluidos de perfuração utilizados no mundo é formada por líquidos à base de água (MMS, 2000). O fluido à base de água consiste numa mistura de sólidos, líquidos e aditivos químicos tendo a água como a fase contínua. O líquido base pode ser a água salgada, água doce ou água salgada saturada (salmoura), dependendo da disponibilidade e das necessidades relativas ao fluido de perfuração (ECONOMIDES et al., 1998). Comparado aos demais, possuem um baixo custo, são biodegradáveis e se dispersam

facilmente na coluna d'água (DURRIEU, ZURDO et al., 2000). Logo, seu descarte marítimo é permitido em quase todo o mundo, desde que respeitadas às diretrizes de descartes de efluentes marítimos de cada região. Infelizmente, os fluidos de perfuração à base de água possuem algumas desvantagens, relacionadas à performance pelo fato deste tipo de fluido reagir quimicamente com água provocando um inchaço e dispersando partículas pelo fluido e por todo o poço (KHONDAKER, 2000). Este é um grave problema de desempenho causado pela utilização de lamas à base de água que pode tornar a perfuração lenta, custosa ou até mesmo impossível, além disso, provocando também instabilidade ao poço e perda de fluido para as formações. Isto gera também uma quantidade enorme de resíduos. Devido a tais dificuldades, os fluidos de perfuração à base de água não conseguiram acompanhar os novos desafios que foram surgindo com a evolução da tecnologia, e com a perfuração em águas profundas e a perfuração direcional.

- Os Fluidos de Perfuração à Base de Óleo:

Fluidos a base de óleo foram desenvolvidos para situações onde os à base de água apresentavam limitações técnicas e operacionais. As lamas à base de óleo são similares em composição as a base de água, exceto pela fase contínua que passa a ser o óleo. A água está presente na lama à base de óleo sob a forma de uma emulsão, onde as gotas de água ficam suspensas no óleo caracterizando uma emulsão de água em óleo (é necessário adicionar um emulsionante químico para impedir que as gotas d'água aglutinem).

Introduzidos no mercado na década de 40 os fluidos à base de óleo logo ganharam destaque, apesar de custarem de 2 a 4 vezes mais do que os de base aquosa. Tamanho interesse se deveu pelo fato de possuírem desempenho superior para determinadas e freqüentes situações, como na perfuração de formações com folhelhos (rocha sedimentar) altamente reativos que se avariassem facilmente com lamas à base de água, na perfuração de poços sujeitos a altas pressões e temperaturas, de poços direcionais, de poços que requisitassem uma maior lubrificação entre a coluna e as formações ou quando as condições geológicas requisitassem uma maior estabilização do furo do poço (FRIEDHEIM et al,1991). Os fluidos à base de óleo são muito utilizados e indicados para a perfuração marítima, onde freqüentemente o caminho do poço é desviado para alcançar determinado ponto do reservatório (perfuração direcional). Isto se deve ao fato de serem os poços direcionais

tipicamente mais restritivos em relação à lubrificação e estabilidade das paredes do poço, quando comparados aos verticais.

São inúmeras as vantagens de desempenho na perfuração com lamas à base de óleo em comparação com as de base aquosa segundo Veiga, (1998):

- Compatibilidade com as formações sensíveis à água. Como o óleo é a fase contínua nas lamas à base de óleo, somente ele penetra na formação reduzindo ao mínimo a invasão de água que avaria as formações no caso da utilização dos fluidos aquosos;
- Minimização da corrosão, pois a fase de óleo contínua presente na lama não atua como um eletrólito como no caso das lamas à base de água;
- Maior estabilidade térmica e estrutural na perfuração de poços profundos e com altas temperaturas;
- Melhor lubrificação, facilitando a perfuração de poços direcionais;
- O fluido à base de óleo pode ser reaproveitado após tratamento adequado.

Em virtude das vantagens acima, a perfuração é feita mais rapidamente, proporcionando um aumento das taxas de penetração.

Infelizmente, ao mesmo tempo em que ganham em desempenho, as lamas à base de óleo são prejudiciais ao meio ambiente quando descartadas ao mar. A toxicidade é a mais séria e talvez uma desvantagem insuperável das lamas a base de óleo. São altamente tóxicas e biodegradam-se lentamente nas condições anóxicas (sem oxigenação) que são encontradas no ambiente submarino (DURRIEU, ZURDO et al., 2000). O cascalho descartado ao mar proveniente de um poço onde foi utilizada lama à base de óleo tende a se aglomerar em “placas”, sob a forma de pilhas submarinas. O mesmo não ocorre quando se usa lama de base aquosa onde o cascalho não se acumula e tende a se dispersar pelo leito marinho. Estudos de campo têm pesquisado efeitos do descarte de cascalho misturado a fluidos de perfuração à base de óleo. Têm sido identificadas alterações como bioacumulação de hidrocarbonetos em tecidos de peixes e invertebrados, alterações fisiológicas em peixes, redução do nível de oxigênio em virtude da decomposição de componentes das lamas à base de óleo, além do sufocamento dos bentos (seres que vivem apenas no fundo do mar, tais como estrelas-do-mar,

anêmonas, corais, ostras e etc.) devido ao recobrimento físico pelo cascalho (GESAMP, 1993).

O óleo inicialmente empregado como base para os fluidos de base oleosa foi diesel, devido à sua boa disponibilidade e baixo custo. Na década de 60 as lamas chegavam a sofrer a adição de até 10% de diesel, tendo este percentual variado entre 40 e 50% no final da década de 70 (FAULDS, 1999). No início da década de 80 testes de toxicidade feitos na Inglaterra com lamas à base de diesel chamaram a atenção para a sua toxicidade, culminando em 1984 com o banimento do uso do diesel em fluidos de perfuração em toda a Europa. Vários países passaram gradativamente a restringir o descarte dos cascalhos provenientes de poços perfurados com lama à base de óleo e a indústria do petróleo se viu obrigada a pesquisar e desenvolver óleos de baixa toxicidade. Num primeiro momento, no início da década de 80, foram desenvolvidos os fluidos de base óleo mineral. O óleo mineral é uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos médios, criados a partir do petróleo muito refinado. Enquanto o óleo diesel possui de 20 a 61% de hidrocarbonetos aromáticos, os óleos minerais típicos possuem menos de 20% (VEIGA, 1998).

A partir do final da década de 80 a pesquisa e desenvolvimento de fluidos de base não aquosa, NAFs (Non-Aqueous Fluids), passou a adquirir importância crescente e estratégica, em função do rigor crescente da legislação ambiental internacional e assim surgiu um tipo de fluido que fosse menos poluente em caso de descarte e não fosse também um fluido que obtivesse baixo desempenho durante a perfuração que é o caso dos fluidos de base aquosa.

Os NAFs compreendem os fluidos à base de óleo, os à base de óleo mineral de baixa toxicidade, à base de óleo mineral melhorado e os de base sintética, que serão abordados a seguir continuando o tópico de classificação dos fluidos.

- Os Fluidos de Perfuração Sintéticos

Os fluidos de perfuração sintéticos foram desenvolvidos como uma alternativa às limitações de desempenho dos à base de água e em resposta às restrições ambientais impostas aos fluidos à base de óleo. Utilizando como fluido base, substâncias químicas sintéticas, os fluidos sintéticos são também chamados “pseudo-lamas à base de óleo”, pois na prática as substituem, oferecendo menor toxicidade e produção de menor volume de resíduos de

perfuração. Os sintéticos são muito utilizados em áreas marítimas onde é proibido o descarte de cascalho quando se perfura com lamas à base de óleo. Os fluidos sintéticos são mais caros do que os oleosos, não deixando de serem economicamente compensadores, pois o descarte marítimo dos fluidos de perfuração à base de óleo está proibido em diversas partes do mundo implicando em custos e riscos extras a serem assumidos com o transporte dos resíduos para descarte em terra.

O primeiro fluido de perfuração sintético foi um éster empregado em março de 1990 na costa da Noruega, abrindo caminho para a que ficou conhecida como “primeira geração” de fluidos de perfuração sintéticos. Esta geração foi composta pelos ésteres, éteres, polialfaolefinas (PAOs) e acetatos. Na segunda metade da década de 90 pesquisas originaram a chamada “segunda geração” de sintéticos, composta pelos alquilbenzenos lineares (LABs), linear alfa olefinas (LAOs), olefinas internas (IOs) e parafinas lineares (LPs) (FRIEDHEIM e CONN, 1996). Nesta segunda geração os pesquisadores procuraram reduzir os custos dos fluidos sintéticos, o que segundo Patin (1999) trouxe elementos de maior toxicidade em relação aos fluidos da primeira geração. A agência de proteção ambiental americana (EPA), ciente da dificuldade técnica a ser enfrentada pela utilização dos fluidos de perfuração à base de água em poços marítimos, e acreditando que a utilização de lamas à base de óleo, que seriam a melhor alternativa técnica, provocaria um gasto maior de energia, custos, emissões e riscos (já que o descarte marítimo daquele tipo de lama é proibido naquele país obrigando ao transporte dos resíduos para terra), concluiu pela alteração das normas vigentes para descarte no mar de resíduos da atividade de perfuração marítima de poços de óleo e gás, dando apoio à utilização de fluidos de perfuração de base sintética. (EPA, 1999)

Com o objetivo de emendar as normas vigentes para descarga de efluentes provenientes da indústria de exploração de óleo e gás em águas americanas, a agência propôs, em fevereiro de 1999, o *Effluent Limitations Guidelines and New Source Performance Standards for Synthetic-Based and Other Non-Aqueous Drilling Fluids in the Oil and Gas Extraction Point Source Category – 40 CFR Part 435* (EPA, 1999). As principais normas então vigentes naquele país para o descarte de efluentes provenientes das atividades de perfuração marítima datavam de 1993, sendo os principais pontos (VEIGA, 1998):

- Proibição do descarte marítimo de fluidos e cascalho dentro de 3 milhas da costa (exceto para o Alasca);

- Descarte marítimo proibido de óleo diesel;
- Limite da concentração de Cádmio (3 mg/Kg) e Mercúrio (1 mg/Kg) na Barita.

No Brasil não há legislação específica que regule o descarte de resíduos específicos da perfuração de poços marítimos de óleo e gás (cascalho e o fluido de perfuração), mas existe a Lei 9966/2000, conhecida como Lei do óleo, que delega poderes ao órgão ambiental federal conforme seu Artigo 20 menciona “A descarga de resíduos sólidos das operações de perfuração de poços de petróleo será objeto de regulamentação específica pelo órgão federal de meio ambiente” (LEI 9966/2000 DOU).

Responsável pela fiscalização, controle e proteção ao meio ambiente no âmbito de suas competências; ou seja, o IBAMA possui esta incumbência. O que será tratado no último capítulo deste trabalho.

- Os Fluidos de Perfuração à base de Ar

Perfuração a ar ou gás é um termo genérico aplicado quando o ar ou o gás, como todo ou parte, é usado como fluido circulante na perfuração rotativa. Algumas situações recomendam a utilização destes fluidos de baixa densidade, tais como zonas com perdas de circulação severas e formações produtoras com pressão muito baixa ou com grande susceptibilidade a danos. Também em formações muito duras como basalto ou o diabásio e em regiões com escassez de água ou regiões glaciais com camadas espessas de gelo. A perfuração com ar puro utiliza apenas ar comprimido ou nitrogênio como fluido, tendo aplicação limitada a formações que não produzam elevadas quantidades de água, nem contenham hidrocarbonetos. Esta técnica pode ser aplicada em formações duras, estáveis ou fissuradas, onde o objetivo é aumentar a taxa de penetração.

4.3 Toxicidade dos Fluidos de Perfuração

Em 1978, a preocupação relativa à toxicidade dos fluidos de perfuração em poços marítimos de óleo passou a chamar a atenção do governo e da indústria do petróleo nos Estados Unidos. Neste ano a agência de proteção ambiental americana (EPA - *Environmental Protection Agency*) estabeleceu como condição para concessão de licenças de perfuração em *Baltimore Canyon* (EUA) a participação das empresas de petróleo em um programa de bioensaios em fluidos de perfuração à base de água. Como resultado do projeto, o fluido que exibiu a maior toxicidade, um fluido de potássio com polímeros, passou a servir de parâmetro

de toxicidade. O organismo padrão utilizado no teste foi uma espécie de crustáceo denominada *Misidáceo* (tipo de camarão), de nomenclatura científica *Mysidopsis Bahia*. O teste fornece um parâmetro que é a Concentração Letal que mata 50% dos organismos dentro de um período de 96 horas. O valor é inversamente proporcional à toxicidade: quanto menor for o seu valor, mais tóxica é considerada a amostra. Este teste é solicitado pela EPA até hoje e feito inclusive para controle de toxicidade em fluidos de perfuração no Brasil. O teste americano é realizado com o organismo *Mysidopsis Bahia* e no Brasil com o *Mysidopsis Juniae*, que segundo Veiga (1998), por apresentar biologia semelhante e ser da mesma família do organismo americano, pode ser também utilizado como organismo de referência para a avaliação de toxicidade de fluidos de perfuração na costa brasileira.

Importante ressaltar que o teste avalia apenas a toxicidade sobre organismos presentes na coluna d'água. Quando descartados em ambiente marinho, os fluidos de perfuração podem impactar a coluna d'água (fluidos de base aquosa) ou o assoalho marinho (fluidos de base não aquosa). Há uma diferença entre o comportamento no mar dos fluidos de perfuração de base aquosa dos de base não aquosa. Os de base aquosa se dispersam na coluna d'água ao contrário dos de base não aquosa. Logo, a preocupação com a toxicidade dos primeiros é sobre os organismos presentes na coluna d'água, enquanto que nos segundos é sobre os bentos, ou os seres que vivem no fundo do mar.

4.4 Cascalho e sua Toxicidade

Nos dias de hoje não existe perfuração sem a produção de cascalho, resíduos de rocha que a broca produz ao abrir caminho pelas formações que são transportados à superfície pelo fluido de perfuração.

O volume de cascalho gerado por um poço varia de acordo com sua profundidade, diâmetro, características geológicas das formações perfuradas e tipo de fluido utilizado. Teoricamente o volume de cascalho gerado durante a perfuração de um poço é o volume geométrico do cilindro perfurado (chamado volume nominal do poço). Mas no cálculo do volume de cascalho produzido é dado um coeficiente de segurança em torno de 20% devido a eventuais desabamentos das formações para dentro do poço, normais durante a perfuração (UKOOA, 2001). A EPA, Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA -*Environmental*

Protection Agency, 1999) estima que para cada metro vertical perfurado sejam produzidos entre 0,6 e 6,0 barris de cascalho. De acordo com a PETROBRAS, 1997, os índices no Brasil ficam entre 1,2 e 1,6 barris de cascalho produzidos por metro perfurado.

O fluido de perfuração que sai do poço chega à superfície com sólidos (cascalhos) agregados. O fluido é então imediatamente direcionado a um sistema de controle de sólidos. Este sistema extrai os sólidos do fluido de perfuração, contudo, naturalmente restará sempre um percentual de fluido agregado ao cascalho. O IBAMA considera como “boa prática” em águas brasileiras o descarte de cascalho com até 10% de fluido aderido.

O tipo (base) do fluido de perfuração utilizado para a perfuração marítima influencia diretamente no comportamento do cascalho após seu descarte para o mar. Ao ser descartado no mar, o cascalho proveniente de uma perfuração realizada com fluidos à base de água se dispersa pela coluna d’água e vai sendo “lavado” em seu percurso de descida até assentar no fundo do mar. Não há tendência para formação de acumulações submarinas sob a forma de pilhas de cascalho. Quando se perfura com fluidos de base não aquosa (NAFs), o cascalho tende a se agregar em “blocos” ou “placas” que não se dispersam na coluna d’água e afundam rapidamente até assentarem no fundo do mar, permanecendo pouco tempo na coluna d’água. Há o potencial para formação de pilhas submarinas de cascalho (freqüentes no Mar do Norte, onde as lâminas d’água são pequenas). Logo, quando são utilizados fluidos de base aquosa, o foco das preocupações ambientais se dá sobre a coluna d’água. Quando são utilizados os de base não aquosa ela volta-se para o fundo do mar. Como os fluidos de base sintética não dispersam na coluna d’água, permanecendo pouco tempo nesta região e afundando rapidamente para o assoalho marinho, o principal impacto ambiental proveniente de seu descarte se dá sobre os bentos, ou seres que vivem no fundo do oceano. Estes estão suscetíveis à toxicidade e falta de oxigenação, provenientes da decomposição do fluido base agregado ao cascalho, além de impactos inerentes à chegada do cascalho, como alterações no habitat (modificações no tamanho e composição dos sedimentos marinhos) e sufocamento pela cobertura de cascalho (CANTARINO, 2001).

As pilhas de cascalho são ambientes heterogêneos, com características próprias, físicas e químicas, inerentes aos tipos de fluidos e aditivos utilizados, chamando a atenção para que num mesmo poço, são utilizados diferentes tipos de fluidos de perfuração submetidos a eventuais alterações químicas durante a operação de perfuração. Alguns fluidos de perfuração

podem permanecer por anos dentro das pilhas submarinas e no momento em que se desprenderem para a coluna d'água podem impactar negativamente a biota marinha (MMS, 2000).

Na costa brasileira, onde a maioria das perfurações marítimas é realizada em águas profundas, não há a tendência à formação de pilhas submarinas como no Mar do Norte, onde as perfurações são feitas em lâminas médias e rasas. Quanto maior a lâmina d'água de operação, maior a área afetada pelos fragmentos de cascalho que vão se despreendendo da pluma de descarte e mais baixa a concentração de cascalhos assentados no fundo do mar (CANTARINO, 2001). A perfuração marítima começou no Mar do Norte antes da costa brasileira, utilizando, portanto as primeiras e mais tóxicas lamas que hoje lá repousam junto ao cascalho (UKOOA, 2001). Bell *et al* (2000) estima que haja hoje cerca de 8 milhões de barris de cascalho submerso no Mar do Norte sob a forma de pilhas submarinas. Com o propósito de investigar o passivo ambiental envolvido e motivado pela proximidade da etapa de descomissionamento das diversas unidades que durante a operação foram gerando as pilhas, a Associação dos Operadores *Offshore* do Reino Unido (UKOOA) vem promovendo um amplo programa de pesquisa e desenvolvimento sobre o problema. O objetivo da pesquisa é estabelecer a significância ambiental de tais depósitos e determinar a melhor opção ambiental de manejo e remediação destes resíduos da perfuração marítima, mesmo que esta seja a não perturbação das pilhas (UKOOA, 2001; FAULDS, 1999).

5 FORMAS DE PREVENIR, MITIGAR E\OU REDUZIR IMPACTOS AMBIENTAIS

Como forma de evitar um possível impacto ao meio ambiente, existem formas, procedimentos e equipamentos que auxiliam na busca pela meta zero de poluição. Com isso temos em todas as sondas de perfuração um sistema extrator de sólidos cuja função primária é “limpar” o fluido de perfuração das partículas sólidas (cascalho) que se juntam ao fluido em seu trajeto dentro do poço. No âmbito das discussões ambientais este conceito tem se invertido, como se o objetivo deste sistema fosse limpar o cascalho preparando-o para ser descartado o mais limpo (ou isento de fluidos) possível. Claro que este também é um objetivo, mas estes focos não devem ser confundidos. Como forma de combater esse possível impacto são mostrados a seguir os conceitos de um sistema de extração de sólidos (THOMAS, 2004).

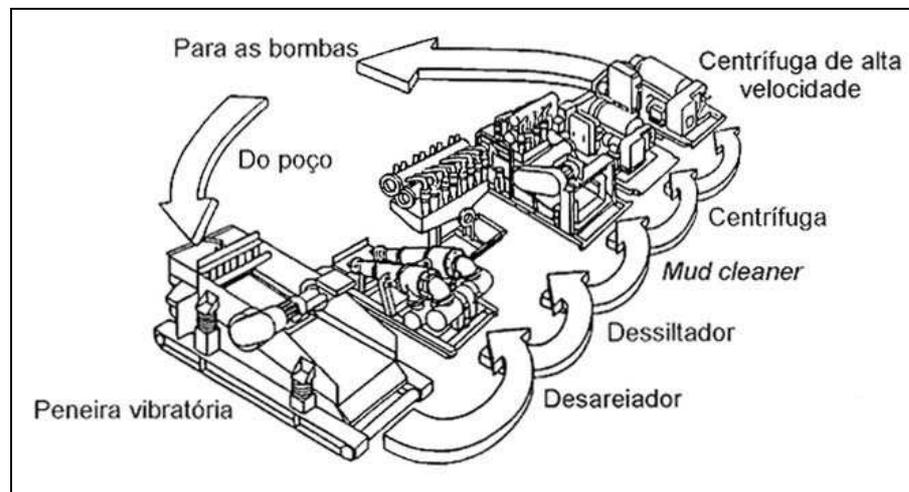
5.1 Sistema de Controle de Sólidos

Perfazendo um circuito típico de controle dos sólidos, o fluido de perfuração ao sair do poço entra na peneira vibratória onde são separados do fluido os sólidos mais grosseiros. Neste primeiro processo do tratamento deixa em média apenas 12% de fluido agregado ao cascalho. Como resultado do peneiramento faz-se uma divisão de modo que a fase líquida seja direcionada para uma Centrífuga de Decantação e a fase sólida encaminhada através de uma esteira de transporte para a Unidade Secadora de Cascalhos que posteriormente descartará para o mar o cascalho assim que este for tratado. Saindo da peneira, o fluido passa por um conjunto de dois a quatro hidrociclones de 8 a 20 polegadas. A função de um hidrociclone é acelerar o processo natural de decantação de partículas de um fluido, no caso basicamente a areia, o que os torna conhecidos como desareidores. Saindo deste equipamento a lama passa ao dessiltador. Este nome vem do inglês *silt*, que caracteriza uma partícula de tamanho maior que a argila e menor que a areia, denominada “silte”. O dessiltador é um hidrociclone de 4 a 5 polegadas (dependendo do poço pode haver de oito a doze dessiltadores), que irá descartar as partículas sílticas. Saindo do dessiltador o fluido pode ser direcionado a um *mud cleaner*, que se trata de um dessiltador com uma peneira para recuperar partículas reaproveitáveis que

retornarão ao fluido dispensando o acréscimo de mais aditivos. Dependendo do caso, pode haver também uma centrífuga de alta velocidade, para retirar as partículas menores que ainda não tenham sido descartadas pelos hidrociclones. A partir daí, a lama volta para os tanques de fluido de onde será bombeado novamente para o poço para reutilização na perfuração. Há também os desgaseificadores, com a função de eliminar o gás do fluido de perfuração. O cascalho é descartado diretamente na superfície do mar (THOMAS, 2004).

A Figura 16 mostra um sistema típico de controle de sólidos, composto por peneira vibratória, desareiator, dessiltador, *mud cleaner* e centrífugas.

Figura 16 : Sistema típico de controle de sólidos



Fonte: THOMAS, (2004)

Com base no exposto acima temos a figura 17 que relaciona cada equipamento de controle de sólidos à sua função.

Figura 17: Equipamentos de tratamento da lama e suas funções

| EQUIPAMENTO | O QUE RETIRA DA LAMA |
|--------------------|---|
| Peneira Vibratória | Sólidos grosseiros |
| Desareiator | Areia |
| Dessiltador | Silte |
| <i>Mud Cleaner</i> | Partículas reaproveitáveis das dimensões do silte |
| Centrífuga | Partículas que escaparam dos hidrociclones |
| Desgaseificador | Gases |

5.2 Questão Ambiental quanto ao descarte de sólidos de perfuração

Outra forma de se planejar em relação aos possíveis riscos e impactos ambientais provocados pelo cascalho e fluido de perfuração possibilitando uma prevenção, é a análise realizada pela empresa ou grupo econômico que graças a uma licitação deteve o direito de exploração de um poço, bloco ou área. Inclusive isso é um pré-requisito para se obter licença para desenvolver atividades de perfuração.

No Brasil, cabe a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a aprovação e supervisão das atividades de perfuração, produção e processamento dos hidrocarbonetos produzidos (www.anp.gov.br)

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução No. 23 de 7 de dezembro de 1994 instituiu procedimentos específicos para o licenciamento ambiental das atividades relacionadas à exploração e produção de óleo e gás no país. As atividades contempladas pela Resolução foram as de perfuração de poços, produção para pesquisa sobre viabilidade econômica e produção efetiva para fins comerciais. Segundo a resolução, o empreendedor que desejasse obter licença para alguma das atividades acima deveria submeter ao órgão ambiental competente determinado estudo ou relatório, relacionados na Figura 18 (RESOLUÇÃO CONAMA No. 23/94). Cabe ao órgão ambiental (IBAMA), por sua vez, fornecer um Termo de Referência (TR) para que o empreendedor se baseie no desenvolvimento do relatório ou estudo solicitado.

Figura 18 : Relação entre Atividade, Licença e Estudos

| ATIVIDADE | LICENÇA EXPEDIDA | ESTUDO APRESENTADO |
|------------------------|--|---|
| Perfuração | Licença Prévia para Perfuração (LPPer) | Relatório de Controle Ambiental (RCA) |
| Produção para Pesquisa | Licença Prévia de Produção para Pesquisa (LPPro) | Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA) |
| Desenvolvimento | Licença de Instalação (LI) | Estudo de Impacto Ambiental (EIA) ou Relatório de Análise Ambiental (RAA) |
| Produção | Licença de Operação (LO) | Projeto de Controle Ambiental (PCA) |

Fonte: Resolução CONAMA No. 23, 1994.

O órgão competente no Brasil para licenciar as atividades marítimas de exploração e produção de petróleo e gás natural é o IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. No caso do desenvolvimento de tais atividades em terra, tal competência passa aos órgãos ambientais estaduais. Caso haja o risco de que os impactos ambientais de um empreendimento ultrapassem as fronteiras de um estado, a competência do licenciamento volta a ser do IBAMA (www.ibama.gov.br).

Uma lei importante para as atividades perfuração de poços marítimos de óleo e gás é a Lei No. 9.966 de 28 de abril de 2000, que dispõe sobre a prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. A lei entende por substância nociva ou perigosa, qualquer substância que quando descarregada nas águas seja capaz de gerar riscos ou causar danos à saúde humana, ao ecossistema aquático ou prejudicar o uso da água e de seu entorno. A lei contempla o descarte de qualquer despejo, escape, derrame, vazamento, esvaziamento, lançamento para fora ou bombeamento de substâncias nocivas ou perigosas em qualquer quantidade, a partir de um navio, porto, instalação portuária, duto, plataforma ou suas instalações de apoio (DOU Lei 9966, 2000). Esta lei é a única referência legal para o descarte de resíduos provenientes das atividades de perfuração de poços marítimos de óleo e gás: “A descarga de resíduos sólidos das operações de perfuração de poços de petróleo será objeto de regulamentação específica pelo órgão federal de meio ambiente” (Artigo 20, Lei Nº 9.966 de 28 de abril de 2000).

A lei transfere toda a responsabilidade do controle da descarga dos resíduos sólidos das atividades de perfuração para o órgão federal de meio ambiente, que é no caso o Escritório de Licenciamento das atividades de Petróleo e Nuclear (ELPN/IBAMA). Desta forma, o ELPN procede ao licenciamento ambiental com base nas chamadas “boas práticas”, com as quais os empreendedores devem desenvolver a atividade, sem o estabelecimento de limites e restrições claras.

Contudo dentro do escopo do Termo de Referencia que serve de base para elaboração de um RCA são descritas todas as atividades que serão realizadas pelo empreendedor naquele poço, bloco ou área no processo de perfuração e suas etapas, incluindo operações complementares previstas como perfilagem, amostragem, testes de formação, completação, tamponamento e abandono (www.anp.gov.br, 2014)

Deve ser dada ênfase aos cuidados ambientais tomados em cada etapa. Deve constar uma identificação técnica completa da unidade de perfuração, com ênfase nos sistemas de segurança e controle ambiental (como formas de detecção e contenção de vazamentos, sistemas de bloqueio em caso de acidentes, geração de energia de emergência, manejo de resíduos, sistema de controle de sólidos, bombas de lama e BOP, preventor de erupção ou *blowout preventer*). Deve ser feita a identificação dos fluidos de perfuração a serem utilizados, incluindo caracterização físico-química e de toxicidade aguda e crônica (esta feita nos organismos marinhos *Mysidopsis Juniae* ou *Gracile* e *Lytechinus Variegatus*). Deve ser informada a base dos fluidos: água, óleo ou sintético, sendo neste último caso especificando a substância e efetuando testes de biodegradabilidade e potencial de bioacumulação. Deve ser feita uma estimativa dos volumes de fluidos de perfuração utilizados e descartados por poço e por fase bem como uma descrição das formas de tratamento e destino dado aos fluidos e cascalho, incluída uma modelagem do comportamento da pluma de descarte. No caso de ocorrerem descobertas de hidrocarbonetos em escala comercial, deve ser feita uma descrição dos procedimentos de preparação do poço para produção. Está prevista também uma descrição dos procedimentos de desativação da atividade e descrição sucinta da infraestrutura de apoio às atividades (incluindo caracterização do terminal de apoio marítimo e aéreo, e a operação dos barcos de apoio) (CONAMA 237, 1997).

Algo que também tem a sua devida importância são a área de influência e a caracterização dos meios físico, biótico e sócio-econômico da área de influência da atividade, que poderão vir a ser afetados; informações que constarão do relatório de controle ambiental.

Dentro do Relatório, outro item de extrema importância, é a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Riscos explicitando as medidas para a redução da frequência e consequência dos acidentes com consequências ambientais (incluindo inspeções periódicas, programas de manutenção preventiva e corretiva e capacitação técnica) (www.anp.gov.br 2014).

Finalizando o Relatório há a apresentação das Medidas Mitigadoras e Compensatórias e Projetos de Controle e Monitoramento com base na avaliação dos impactos ambientais, onde são recomendadas medidas que venham a minimizar eliminar ou compensar os impactos negativos identificados no RCA. Tais medidas devem ser implantadas através de projetos de controle e monitoramento, para impactos ambientais identificados nos empreendimentos de perfuração de poços marítimos de óleo e gás. Em se falando de descarte de cascalho e fluido de perfuração há um acompanhamento de efeitos na biota local, controle de quantidade de fluido de perfuração descartado agregado ao cascalho, que segundo ao IBAMA deve ser de no máximo 10% de fluido.

Logo esse capítulo mostra a importância de se planejar antecipadamente todas as etapas que antecedem a perfuração tendo em vista o potencial risco que um item mal planejado, mal discutido, pode provocar ao meio ambiente. Danos, muitas das vezes irreparáveis.

CONCLUSÃO

No capítulo 1 deste trabalho temos a noção que existe uma corrida em busca do petróleo em grandes profundidades evidenciando que deve haver uma preocupação com o meio ambiente, evidenciado pela quantidade de tecnologia dispensada para construção de plataformas mais modernas e mais operacionais.

Visto isso, foi observado nos capítulos 2 e 3, como a atividade de perfuração de poços de petróleo é complexa e delicada, envolvendo simultaneidade de operações onde seus sistemas devem interagir a todo instante. Fator delicado e não menos importante e que foi retratado no Capítulo 4, onde se observou toda a toxicidade causada por um descarte indevido dos fluidos de perfuração e do cascalho gerado pela atividade de perfuração. Onde se alia a importância do conhecimento dos equipamentos usados nos sistemas das sondas de perfuração e também de conhecer as características e toxicidade dos fluidos de perfuração e do cascalho. Também foi enfatizado, o monitoramento da biota, pois possui importância essencial na avaliação do real efeito do descarte de cascalho e fluido de perfuração. Impacto este que é difícil ou até muitas das vezes impossível de ser quantificado. O resultado destes monitoramentos constitui valioso banco de dados para o IBAMA a respeito da biota das bacias sedimentares marítimas do país, cujas comunidades bentônicas de águas profundas não são tão bem estudadas e conhecidas.

E por fim, no capítulo 5, além do controle de bordo executado pelos integrantes das equipes de perfuração e dos Oficiais de Náutica, que eventualmente serão Comandantes das unidades de perfuração, ficou comprovado que se faz necessário um controle por parte da autoridade ambiental para se evitar mais e mais problemas de ordem ambiental. Cada um deve saber de sua importância em manusear um equipamento, ler e rever um procedimento.

Todos somos responsáveis e se fizermos cada um a sua parte em conjunto com a Autoridade Ambiental os resíduos oriundos da perfuração (fluido de perfuração e cascalho) já não serão mais fonte de tanta preocupação e sim apenas um fator rotineiro da atividade de perfuração e no fim o Meio Ambiente será preservado para as gerações futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERDEEN DRILLING SCHOOLS, **Well Control Manual**, 2002

BELL, N.; SMITH, M.; MANNING, A., 2000, **Determination of the Physical Characteristics of the Cuttings Piles, using existing survey data and drilling information**. In: Report 1.1 for the UKOOA Drill Cuttings Joint Industry Project, U.K.

BOURGOYNE Jr, A.T., MILLHEIM, K.K., CHENEVERT, M.E., YOUNG Jr, F.S., 1991, **Applied Drilling Engineering**. 2 ed. Richardson, Texas, Society of Petroleum Engineers.

CANTARINO, A.A.A., 2001, **“Utilização de Indicadores Biológicos para Avaliação dos Impactos Ambientais das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo”**, 1º Seminário sobre Proteção Ambiental na Exploração e Produção de Petróleo, 29 e 30 outubro 2001, Rio de Janeiro, Brasil.

CANUTO, J.R. (2007) Petróleo. Enciclopédia USP. Disponível em: <http://www.igc.usp.br/geologia/petroleo.php>, acessado em 15 de setembro de 2014

_____, (1986) Resolução Conama nº 001 de 23/01/1986: dispõe sobre critérios básicos ediretrizes gerais para o relatório de impacto ambiental – RIMA.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Editora Gaia, 2008.

DRAKE, N.D., 1950, **Petróleo para o Mundo**. 1ª Ed, Edições Melhoramentos.

DURRIEU, J, ZURDO, C., BENAÏSSA, S., CLARK, D., 2000, **“Environmentally Friendly Invert Fluid Systems with Enhanced Rate of Biodegradation”**. SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, SPE 61212, Stavanger, Norway, 26-28 June.

ECONOMIDES, M.J., WATTERS, L.T., DUNN-NORMAN, S., 1998, **Petroleum Well Construction**. 1 ed., New York, John Wiley& Sons.

EPA, 1999, 40 CFR Part 435, **Effluent Limitation Guidelines and New Source Performance Standards for Synthetic-Based and Other Non-Aqueous Drilling Fluids in the Oil and Gas Extraction Point Source Category; Proposed Rule**, February 3, EPA.

FAULDS, E.C., 1999, **“The U.K. Offshore Operators Drill Cuttings Initiative: New Ways of Seeking Solutions”**, 1999 Offshore Europe Conference, SPE 56966, Aberdeen, Scotland, 7-9 September.

FARIAS, P. (2003) **Nacionalismo e participação popular na campanha “O petróleo é “nosso”**. Rio de Janeiro: Garamond.p13-38.

FRIEDHEIM, J.E., SHINNIE, J.R., 1991 **“New Oil-Base Mud Additive Reduces Oil Discharged on Cuttings”**. IADC/SPE Drilling Conference, IADC/SPE 21941, Amsterdam, 11-14 March.

GESAMP, 1993, **“Impact of Oil and Related Chemicals and Wastes on the Marine Environment”**. In: IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP), Report and Studies No. 50, London

LESSA, C. (2005) **A engenharia no desenvolvimento nacional**. In: Lianza, S. & Addor, F.(orgs) Tecnologia e desenvolvimento social e solidário. Ed. UFRGS. 47-60p.

LUMMUS, J.L., AZAR, J.J, 1986, **Drilling Fluids Optimization, A Practical Field Approach**. 1 ed., Tulsa, Oklahoma, USA, Penn Well Books.

MILANI, E.J.; Brandão, J.A.S.L.; Zalán, P.V. & Gamboa, L.A.P. (2000) **Petróleo na Margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas**.

MMS, 2000 **Environmental Impacts of Synthetic Based Drilling Fluids**. In: OCS Study MMS 2000-064, U.S. Department of Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, L.A.

MONIÉ, F. (2003) **Petróleo, industrialização e organização do espaço regional**. In: Piquet, R. (Org). Petróleo, royalties e região. Rio de Janeiro: Garamond. p257-286.

PATIN, S., 1999, **Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry**. 1ª ed., New York, EcoMonitor.

PETROBRAS, 1997, **O Petróleo e a Petrobras em Perguntas e Respostas**. PETROBRAS, Serviço de Comunicação Institucional, Dezembro de 1997, Rio de Janeiro, Brasil.

PROJETO TAMAR. Disponível em:< <http://www.tamar.org.br/>> Acesso em 10 setembro de 2014.

THOMAS, J. E., 2004, **Fundamentos de Engenharia do Petróleo**. 2 ed., Rio de Janeiro, Interciência.

UKOOA, 2001, **UKOOA Drilling Cuttings Initiative, Research and Development Programme**. Bell, N., Smith, M., Manning, A.. In: Report 1.1, Revision 2, for the UKOOA Drill Cuttings Joint Industry Project, U.K.

VAN DYKE, 2000, **Drilling Fluids. Rotary Drilling Series, Unit II, Lesson 2**. First Edition, Austin, Texas.

VILARDO, C. (2007). **Avaliação Ambiental de Pesquisas Sísmicas Marítimas no Brasil: Evolução e Perspectivas**. Dissertação de Mestrado. Área de Concentração Planejamento Ambiental / Programa de Planejamento Energético – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 228 p

VEIGA, L.F., 1998, **Estudo da Toxicidade Marinha de Fluidos de Perfuração de Poços de Óleo e Gás**. Niterói, Rio de Janeiro: UFF, 1998. (Tese de Mestrado)

<http://www.statoil.com/> Acesso em 15 setembro de 2014

<http://www.petrobras.com.br> acesso em 12 de setembro de 2014.

<http://www.epa.gov/> acesso em 16 de setembro de 2014

<http://.portalmaritimo.com> acesso em 19 de setembro de 2014

<http://.ibama.gov.br> acesso em 12 de setembro de 2014

<http://.camerondobrasil.com> acesso em 12 de setembro de 2014

<http://www.gesamp.org/> acesso em 20 de setembro de 2014

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRACA ARANHA
41 Anos Formando, Aperfeiçoando, Atualizando
e Adestrando Aquaviários.

