

UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS

Alesandra Kelly Carvalho Taroco

PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO
Formas de captação e impactos no ambiente

Juiz de Fora
2005

Alesandra Kelly Carvalho Taroco

PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO
Formas de captação e impactos no ambiente

Monografia de conclusão de curso
apresentada ao Curso de Tecnologia em
Meio Ambiente do Instituto de Estudos
Tecnológicos da Universidade
Presidente Antônio Carlos.
Orientadora: Prof^a. Dra. Aline Sarmiento
Procópio

Juiz de Fora
2005

Alessandra Kelly Carvalho Taroco

PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO
Formas de captação e impactos no ambiente

Monografia de conclusão de curso
apresentada ao Curso de Tecnologia em
Meio Ambiente do Instituto de Estudos
Tecnológicos da Universidade
Presidente Antônio Carlos como
requisito parcial à obtenção do título de
Tecnólogo em Meio Ambiente e
aprovada pela orientadora:



Prof^ª. Dra. Aline Sarmiento Procópio
Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora
15/12/2005

Aos meus pais, Paulo e Célia, pelo
carinho e oportunidade e por me
ensinarem a lutar por um futuro melhor.
Aos professores do curso de Tecnologia
em Meio Ambiente que ao decorrer do
curso contribuíram com dedicação para
uma vida profissional de sucesso.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Presidente Antônio Carlos pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

À Dra. Aline Sarmento Procópio pela seriedade, dedicação e paciência para comigo e para realização deste trabalho.

A Alba pelo incentivo para realização do curso de Tecnologia em Meio Ambiente.

A Anderson pela contribuição para realização deste trabalho.

Aos colegas do curso de Tecnologia em Meio Ambiente pelo convívio e pelas trocas de idéias e experiências ao longo do curso.

E, finalmente, a todos que de alguma forma ajudaram para que este trabalho fosse concluído com sucesso.

RESUMO

Teoricamente animais e vegetais que viveram nas águas marinhas e nos continentes, foram transportados para os mares onde, após sofrerem mudanças físicas e químicas, transformaram-se em compostos orgânicos. A matéria orgânica foi se precipitando e recebendo camadas de lama e areia e sofreram pressão durante milhões de anos. Um poço de petróleo somente é perfurado quando há certeza da existência do óleo. Isso é obtido através do método sísmico. Pode ser em terra ou mar, chamado de *onshore* e *offshore*, respectivamente. As rochas que possuem os hidrocarbonetos, principal composto do petróleo, são chamadas de rochas reservatório. As características dessas rochas são o resultado de toda a história geológica daqueles sedimentos e em particular das condições de sedimentação e dos fenômenos da evolução que ocorreram na Terra. Durante a perfuração, o fluido obtido vem com uma certa quantidade de impurezas que deverão ser retiradas em outra operação, denominada beneficiamento do petróleo. Após a retirada é feito o cálculo de produtividade do poço, que poderá ser temporário ou limitado em 20 ou 30 anos. O programa de revestimento é necessário para que não haja grandes impactos na operação. O fluido de perfuração mais usado é a lama, pode-se usar também a água, apesar de possuir muitas desvantagens em relação ao outro. O programa de revestimento é necessário para que não haja grandes impactos na operação. As plataformas são usadas conforme a profundidade do poço e local a ser perfurado. Os risco de impactos causados pelo petróleo vão desde a sua extração até o seu consumo (vazamento e produção de gases poluentes). O maior impacto, porém, é causado pelo vazamento.

Palavras-chave: petróleo, reservatórios, método sísmico, perfuração, fluido de perfuração, problemas na perfuração, cimentação, plataforma, meio ambiente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Formação do hidrocarboneto (petróleo).....	13
Figura 2 - As rochas, originadas pela erosão, estão inclinadas pelo efeito das forças de compressão. Posteriormente sedimentou-se a rocha de cobertura e os fluidos ficaram aprisionados.....	14
Figura 3 - O petróleo, bem como a água, migraram para as duas rochas gresosas (formadas de areia consolidadas por um cimento), que passaram a ser rochas reservatórios.....	14
Figura 4 - Medição sísmica para detecção de reservatório em mar e terra.....	20
Figura 5 - representação de uma rocha reservatório.....	21
Figura 6 - Homens trabalhando na perfuração de petróleo no mar.....	24
Figura 7 - Perfuração em terra (onshore) e mar (offshore).....	25
Figura 8 - Diferentes tipos de objetos que possam cair dentro da coluna de perfuração.....	27
Figura 9 - As rochas estão dobradas em anticlinal pelo efeito das forças de compressão horizontais. Os fluidos ficaram aprisionados na rocha reservatório.....	30
Figura 10- O deslocamento relativo dos blocos ao longo do plano de falha, colocou o argilito (rocha de cobertura) frente à rocha reservatório, impedindo, deste modo, a migração dos hidrocarbonetos e da água.....	31
Figura 11 - Armadilhas geológicas.....	33
Figura 12 - Sistema de produção com acionamento de válvula.....	34
Figura 13 - Tipos de plataformas de perfuração de poço de petróleo, na seqüência da esquerda pra direita: Plataforma Fixa, auto-elevável, semi-submersíveis e navio-sonda.....	39
Figura 14 - Derramamento de petróleo.....	40
Figura 15 - Explosão de um poço de petróleo.....	41

TABELAS

Tabela 1- Constituintes do petróleo.....	15
--	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	09
1 PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE.....	12
1.1 HISTÓRIA DO PETRÓLEO.....	12
1.2 ORIGEM DO PETRÓLEO.....	11
1.3 IMPUREZAS DO PETRÓLEO.....	17
1.4 PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS.....	18
2 MEDIÇÕES SÍSMICAS NA DETECÇÃO DO RESERVATÓRIO.....	19
2.1 SISMOGRAFIA (SÍSMICA).....	20
2.2 ROCHA RESERVATÓRIO.....	21
3 TESTE DE FORMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE POÇOS.....	23
4 PERFURAÇÃO.....	24
4.1 ALGUMAS OPERAÇÕES ESPECIAIS DE PERFURAÇÃO.....	26
4.2 FLUÍDO DE PERFURAÇÃO.....	27
4.2.1 FUNÇÕES DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO.....	29
5 TRAPAS.....	30
6 POSSÍVEIS PROBLEMAS NA PERFURAÇÃO.....	32
7 ROCHA SELANTE.....	33
8 SEGURANÇA DO POÇO.....	34
8.1 CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS.....	36
9 PRINCIPAIS TIPOS DE PLATAFORMAS.....	38
10 PETRÓLEO E A AGRESSÃO AO MEIO AMBIENTE.....	40
10.1 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	41
10.2 GUERRA, PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE.....	42
10.3 TRATAMENTOS.....	44
CONCLUSÃO.....	46
BIBLIOGRAFIA.....	48

INTRODUÇÃO

Hoje em dia, aproximadamente 90% das fontes de energia utilizadas no mundo são oriundas de combustíveis fósseis, como o carvão, petróleo e seus derivados e gás natural. Entretanto as reservas naturais dos combustíveis não são infinitas, podem durar menos do que o tempo de vida das pessoas. O combustível de uso mais comum, o petróleo, parece ter as menores reservas globais, mas continua sendo a que mais dependemos no cotidiano. A dependência ao petróleo, principalmente no transporte, deixa muitos países vulneráveis a um desastre econômico de grandes proporções, em caso de interrupção no fornecimento. Alguns países, como o Japão, por exemplo, importam praticamente todo o seu petróleo, principalmente do Oriente Médio. Há outros cujas economias atualmente dependem em grande parte de petróleo importado.

O aumento do consumo de petróleo ocorreu em usinas elétricas, cuja produção cresceu a 2,2% anualmente. Na década de 1990, a demanda por gás natural cresceu 2,3% anual, em quase todos os setores. A consequência do aumento do consumo de petróleo é devido ao aumento de consumo de gasolina automotiva.

Uma diminuição na prospeção de petróleo e gás causou efeito nos preços baixos do petróleo bruto. Quando o preço do petróleo bruto subiu em 1981, a prospeção atingiu níveis recordes. Havia 3.970 poços rotatórios e 17.500 poços exploratórios abertos, por ano. À medida que os preços caíam na metade dos anos 80, houve cortes drásticos na prospeção. Em 1993, os números de poços caíram, para 754 poços rotatórios e 3.100 poços exploratórios. Com o aumento dos preços de petróleo a partir de 1999 esta situação reverteu.

É difícil prevermos a quantidade de um determinado recurso a ser descoberto. Como nossas estimativas são baseadas em exploração, sempre sobrarão algum recurso para ser descoberto, fatores econômicos e técnicos frequentemente determinam a quantidade passível de ser extraída. Avalia-se que a quantidade de petróleo em uma estrutura geológica é fixa, e então estima-se o volume total deste tipo de estrutura que existe. Outro método é a "abordagem comportamental", em que a história da produção de petróleo é extrapolada para o futuro, para se avaliar a quantidade remanescente no solo. Eventualmente os depósitos de baixo custo ou com pouca exigência de tecnologia são exauridos; o uso do combustível atinge

um máximo e depois diminui à medida que os preços aumentam e combustíveis substitutos surgem.

Muitos analistas de recursos não acreditam que a abordagem comportamental possa ou deva ser aplicada para se fazer previsões acerca dos recursos totais disponíveis, ela não leva em consideração os avanços tecnológicos na descoberta e na extração da jazida. A questão é geológica e deve ser respondida por meio de dados geológicos. A produção anual depende da tecnologia, bem como do custo e da demanda.

A ânsia mundial por petróleo continua a crescer. Em 1998, o consumo diário mundial era de 74 milhões de barris, aproximadamente 25%, foram consumidos nos Estados Unidos, onde 51%, aproximadamente foi importado. Além de consumir mais do que qualquer outro país, os Estados Unidos são o segundo maior produtor, abaixo somente da Arábia Saudita. Entretanto, os Estados Unidos têm apenas 2% das reservas mundiais conhecidas, que são estimadas sua eficiência para somente mais sete anos, se utilizadas à taxa atual. Apesar de que haverá novas descobertas, e mesmo assim não deverão alterar significativamente esse tempo de vida.

Todos depósitos de petróleo contém gás natural, mas nem todos depósitos de gás contém óleo. A procura por petróleo torna-se cada vez mais difícil obter sucesso com as técnicas convencionais de perfuração. Uma vez que o petróleo e o gás são encontrados juntos, seus métodos de recuperação são semelhantes. Ambos geralmente estão presos na rocha porosa que atua como reservatório.

Os Estados Unidos possuem mais poço perfurado por milha quadrada do que qualquer outro país do mundo. A extração do petróleo por perfuração tem caído de forma quase linear desde os anos 40, somente 30% têm sucesso. Os maiores aumentos nas reservas dos EUA são esperados na perfuração de poços de grande profundidade em alto mar, aproximadamente 10% de petróleo e 21% de gás natural. Exceto por uma faixa de três milhas de água estaduais, o governo federal americano é dono dos recursos minerais submersos em águas internacionais, e fornece concessões para a exploração e produção em uma determinada região. A preocupação ambiental com derramamentos de petróleo fez com que milhões de acres de áreas marinhas fossem retiradas das áreas passíveis de concessão.

A perfuração em alto mar é muito cara, é mais ou menos dez vezes mais cara que a perfuração em terras continentais, e é um monumento à engenharia do século XX. Plataformas de perfuração podem operar em águas com mais de uma milha de profundidade, elas são ancoradas no fundo do mar por muitas linhas, ou mantidas em posição por jatos motorizados a bordo da plataforma.

1. PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE

1.1 HISTÓRIA DO PETRÓLEO

Da Arca de Noé às pirâmides do Egito, são muitas as referências à presença do petróleo na vida dos povos da Antigüidade. Sacerdotes hebreus, por exemplo, usavam o petróleo nos sacrifícios, para acender fogueiras nos altares, e as chamas que irrompiam eram consideradas manifestações divinas.

Conta a Bíblia que Deus ordenou a Noé a construção de uma arca e sua calafetação com betume antes de inundar o mundo com o dilúvio. O betume usado representava resíduo de petróleo obtido na superfície. O mesmo betume serviu como material de construção. Milênios antes de Cristo.

O petróleo foi usado como medicamento, curando cálculos renais, escorbuto, câibras e gota, além de tônico para o coração e remédio contra reumatismo, também para embalsamar corpos, iluminar e impermeabilizar moradias e palácios, pavimentar estradas. Os gregos e romanos, a principal aplicação era bélica: lanças incendiárias embebidas em betume eram uma de suas armas mais eficazes.

1.2 ORIGEM DO PETRÓLEO

As teorias mais aceitas sobre a origem do petróleo são as que defendem a origem orgânica e as relacionadas a rochas sedimentares. De acordo com essas teorias, animais e plantas foram submersos nos oceanos em profundidades com zero por cento de oxigênio (figura 1).

Em termos de idade, cerca de 60% são originários de depósitos cenozóicos com aproximadamente 65 a 10 milhões de anos, 25% de mesozóicos cerca de 225 a 136 milhões de anos e o restante de paleozóicos com 570 a 280 milhões de anos.

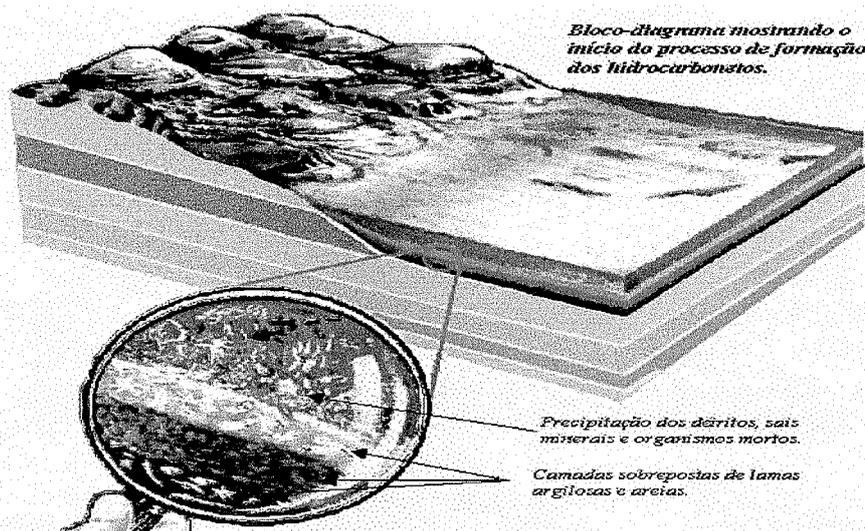


Figura 1 - Formação do hidrocarboneto (petróleo).

Fonte: histpetroleo.no.sapo.pt

O petróleo tem origem a partir da matéria orgânica depositada junto com os sedimentos. Os sedimentos podem ser depósitos naturais de materiais sólidos, fragmentados ou não, inorgânicos ou orgânicos (plâncton marinho e lacustre, algas, diatomáceas, peixes, moluscos, plantas superiores, etc.), bem como de precipitados químicos.

A matéria orgânica marinha é basicamente originada de microorganismos e algas que formam o fitoplâncton. Numa primeira fase, os sedimentos sofrem enterramento, bem como a ação das bactérias anaeróbicas (que vivem na ausência de oxigênio) e termo-catalíticas (catalisador é uma substância que modifica a velocidade de determinada reação química, não sofrendo qualquer alteração, como as argilas), gerando-se metano, anidrido carbônico, ácido sulfídrico e hidrocarbonetos líquidos. Em simultâneo, atuam os fatores físicos: temperatura e pressão.

A teoria da tectônica de placas explica os problemas relacionados com a gênese e distribuição do petróleo, tais como origem das bacias sedimentares, fontes de sedimentos, previsão de geometria das bacias, história térmica, etc...

Com o passar do tempo, uma pressão foi aplicada por novas camadas Geológicas (areia e lama argilosa), formadas pelo processo de erosão (figura 2). Essa pressão comprimiu o limo para dentro dos poros de areia. Esses poros se tornaram leitos reservatórios.

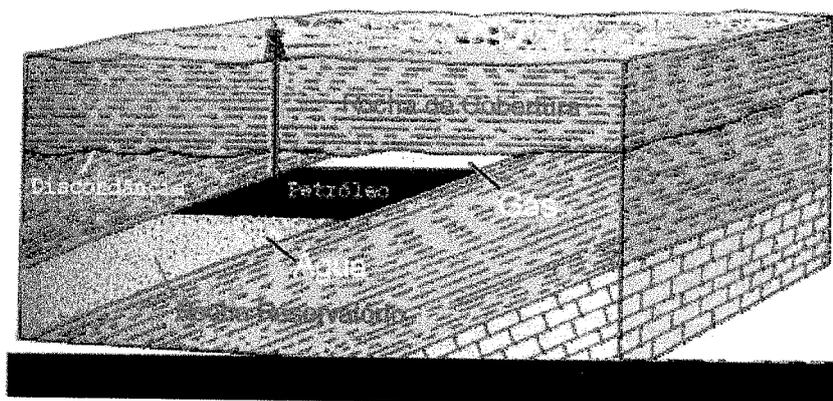


Figura 2 - As rochas, originadas pela erosão, estão inclinadas pelo efeito das forças de compressão. Posteriormente sedimentou-se a rocha de cobertura e os fluidos ficaram aprisionados na rocha reservatório.

Fonte: comciencia.br/reportagens/petroleo/pet09.shtml

Qualquer que seja a sua origem, os sedimentos que se acumulam no fundo do oceano ficam impregnados de água. Devido a pressão das camadas superiores e a cimentação¹ (figura 3), ocorre a expulsão da água contida na rocha geradora, levando consigo o petróleo. A não-contenção do petróleo, permite a migração até as zonas de menor pressão. Uma parte da água será expulsa e a outra vai preencher, em parte, os vazios minúsculos (poros e microfaturas).

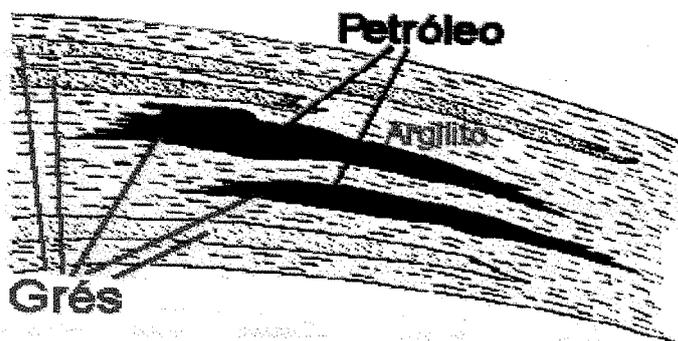


Figura 3 - O petróleo, bem como a água, migraram para as duas rochas gresosas (formadas de areia consolidadas por um cimento), que passaram a ser rochas reservatórios.

Fonte: comciencia.br/reportagens/petroleo/pet09.shtml

¹ Destina-se a isolar o espaço compreendido entre a formação geológica e o revestimento metálico, dentro do qual será instalada a coluna de produção.

Para se ter uma acumulação de petróleo é necessário que após o processo de geração, ocorra a migração para uma rocha reservatório e que esta tenha seu caminho interrompido pela existência de uma armadilha geológica, conhecida como trapa.

O petróleo no estado líquido é uma substância inflamável com coloração variando do preto ao amarelo esverdeado, é considerado uma fonte de energia não renovável, de origem fóssil e é matéria prima da indústria petrolífera e petroquímica, cuja densidade é normalmente inferior à da água, e com odor penetrante, geralmente constituído por moléculas de hidrogênio e carbono (hidrocarbonetos). É encontrado também no estado gasoso (gás natural), ou semi-sólidos (xisto betuminoso, betume, etc...).

O tipo de hidrocarboneto gerado, óleo ou gás, é determinado pela constituição da matéria orgânica e pela intensidade do processo térmico atuante sobre ela:

- Fitoplâncton – Hidrocarboneto Líquido.
- Matéria orgânica vegetal lenhosa – Hidrocarboneto gasoso.

O petróleo consiste basicamente de uma mistura complexa com diferentes pontos de ebulição, contendo ainda, compostos orgânicos oxigenados, sulfurados, organometálicos, água, sais minerais e areia, que são considerados impurezas.

Tabela 1 - Constituintes do petróleo

Fração	Temperatura de Ebulição (°C)	Usos
Gás residual	-	Gás combustível
Gás liquefeito de Petróleo GLP	Ate 40	Gás combustível engarrafado
Gasolina	40 - 175	Combustível de automóveis, solvente
Querosene	175 - 235	Iluminação, combustível de aviões a jato
Gasóleo Leve	235 - 305	Diesel, fornos
Gasóleo Pesado	305 - 400	Combustível, matéria prima para lubrificantes
Lubrificantes	400 - 510	Óleos lubrificantes
Resíduo	Acima de 510	Asfalto, piche, impermeabilizantes

Fonte: Petrobrás

No petróleo pode ocorrer a predominância de um tipo de hidrocarbonetos sobre os demais. O tipo predominante define a base do petróleo, que pode ser parafínica, naftênica, aromática ou mista.

a) PETRÓLEOS PARAFÍNICOS

É um tipo de petróleo que possui baixa densidade e alto ponto de fluidez devido a presença maciça de n-parafinas. Por isto produzem óleos lubrificantes de alto índice de viscosidade, isto é, não variam muito de viscosidade em diferentes temperaturas, como por exemplo, o querosene e óleo diesel, com excelentes características de combustão, não necessitando de tratamento.

b) PETRÓLEOS NAFTÊNICO

Também conhecidos como asfálticos, possuem em sua constituição a maior parte de ciclo alcano. Produzem resíduos asfálticos e gasolinas de boa qualidade, porém, os seus óleos lubrificantes, óleo diesel e querosene, precisam de tratamentos para melhorar suas qualidades.

c) PETRÓLEO AROMÁTICO

Servem para a produção de solventes por conterem quantidades razoáveis de compostos aromáticos. Já os seus produtos intermediários são de baixa qualidade e necessitam de tratamentos adicionais. Apesar disso apresentam gasolinas de altíssima qualidade.

d) PETRÓLEO DE BASE MISTA

Tem propriedades intermediárias entre os de base parafínicas, naftênicas e aromáticas pois não há predominância de um dos tipos.

1.3 IMPUREZAS DO PETRÓLEO

I. COMPOSTOS SULFURADOS

São os principais causadores de corrosão, mau cheiro e efeito poluidor dos produtos do petróleo, tais como, ácido sulfídrico, sulfeto, dissulfetos, enxofre livre, etc. A corrosividade depende da ligação do enxofre com as cadeias orgânicas. Quanto mais forte a ligação, menor a corrosividade.

II. COMPOSTOS NITROGENADOS

Estes compostos são responsáveis pelo escurecimento dos produtos intermediários do petróleo, devido a sua oxidação, também podem envenenar os catalisadores usados nos processos de refino.

III. COMPOSTOS OXIGENADOS

Conferem caráter ácido aos derivados, os de maior ocorrência são os ácidos naftênicos e fenóis, favorecendo o processo de corrosão.

IV. COMPOSTOS ORGANO-METÁLICOS

São compostos que possuem átomos de elementos metálicos que aparecem inseridos no meio de uma molécula orgânica qualquer, alternando sua propriedade. São eles: ferro (Fe), níquel (Ni), cobre (Cu) e vanádio (V).

São venenos para os catalisadores do processo de refino, principalmente os compostos de vanádio que provocam grandes problemas de corrosão, quando em altas temperaturas atacam as ligas de ferro.

1.4 PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

I. VISCOSIDADE

É a propriedade do petróleo que mede a resistência ao escoamento. Tem influência direta no dimensionamento e seleção de bombas e tubulações.

II. GRAU API

Expressa a densidade relativa de um óleo ou derivado. Quanto maior o grau de API, mais leve e mais rico em componentes valiosos é o petróleo.

III. COR

Pode assumir qualquer tonalidade entre o amarelo escuro e o preto, não importa se é em região de produção diferente ou na mesma região, podem ocorrer dois óleos de cores ligeiramente diferentes.

IV. PONTO DE FLUIDEZ

A temperatura influencia no escoamento do óleo, assim o petróleo sendo resfriado, deixa de fluir. Esta propriedade está diretamente associada à presença de n-parafinas de altos pesos moleculares.

V. TEOR DE ENXOFRE

O enxofre é considerado veneno por causar corrosão. A percentagem em peso de enxofre no óleo bruto pode variar de 0,01 a 7%. Os óleos de baixos teores de enxofre alcançam altos índices (preços) no mercado mundial.

2. MEDIÇÕES SÍSMICAS NA DETECÇÃO DO RESERVATÓRIO

Para procurar, ou prospectar, termo técnico para as investigações, um jazigo² de hidrocarbonetos, é preciso estudar o tipo de rochas que constituem o subsolo. O estudo é feito na forma tridimensional com uma aproximação de algumas centenas de metros.

Primeiro, em terra firme, faz-se o estudo geológico das rochas que afloram à superfície, de modo a elaborar uma carta geológica da região e a respectiva notícia explicativa. Em seguida, faz-se um estudo dos paleoambientes (os ambientes antigos, onde, há milhões de anos, se formaram as rochas da época). Finalmente, se as probabilidades de existir um jazigo forem boas, utilizam-se os métodos geofísicos³, tanto em terra firme como no mar.

Entre os métodos geofísicos, o mais aplicado é o método sísmico, sobretudo o chamado " por reflexão ". Este método consiste em receber e registar as ondas sísmicas, usando uma bateria de geofones (são pequenos sismógrafos⁴ portáteis que transformam as oscilações do subsolo e do solo em correntes elétricas) e quando se aplica no mar em lugar de geofones usam-se hidrofones colocados em bóias rebocadas pelo navio-base.

Fazendo-se uso de uma fonte artificial de energia, por exemplo a detonação de explosivos enterrados ou submergidos a poucos metros de profundidade, provocam-se deformações temporárias nas rochas, que propagam-se por ondas elásticas, as chamadas ondas sísmicas (as partículas constituintes das rochas vibram em diferentes direções; a energia elástica de um fenómeno sísmico irradia por quatro tipos distintos de ondas). Também se podem provocar ondas sísmicas com o choque de um corpo em queda livre sobre o solo ou com uma máquina específica. Quando o meio físico em que se propagam as ondas sísmicas não é homogêneo, como em camadas de diferentes tipos de rochas, as ondas sísmicas sofrem reflexões e refrações (figura 4).

² Jazigos são acumulações ou concentrações locais de rochas e minerais que podem ser explorados com lucro.

³ Geofísica é a parte da Geologia que trata da estrutura física da Terra

⁴ Sismógrafo é o instrumento que mede e regista a intensidade, a hora, a duração e a amplitude dos fenómenos sísmicos.

Esquema do método sísmico de prospecção aplicado em terra e no mar.

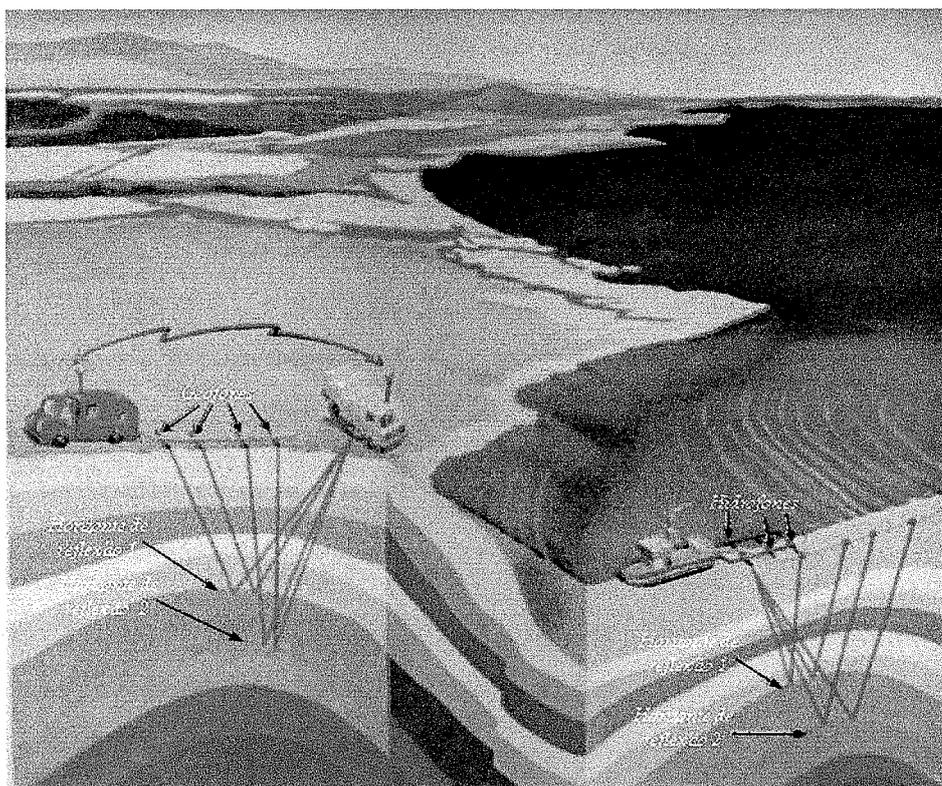


Figura 4 - Medição sísmica para detecção de reservatório em mar e terra.

Fonte: histpetroleo.sapo.com.br

2.1 SISMOGRAFIA (SÍSMICA)

a) SÍSMICA ONSHORE

Linhas sísmicas com cargas explosivas são montadas na profundidade de 3 a 6 metros no solo, ao longo dessa linha são espalhados geofones que captam o som emitido pela explosão das cargas. As ondas vibratórias se formam dentro da terra e se refletem na interface das camadas sedimentares, voltando então para a superfície. Os tempos decorridos entre a explosão e captação das ondas sísmicas pelos geofones são processados matematicamente, transformando em sinal digital, permitindo visualizar a estruturação das bacias sedimentares, carta sísmica da formação rochosa.

b) SÍSMICA OFFSHORE

Navios de pesquisa sísmica emitem sinais ao solo provocados por hidrocânhões, cujo reflexo (ondas sísmicas) é captado por hidrofones flutuantes, essas ondas são medidas e gravadas por computadores e transformadas em sinais digitais, compondo-se em cartas sísmicas das formações rochosas do fundo do mar. É a partir daí que se inicia a avaliação do risco geológico e a análise econômica da eventual acumulação de hidrocarbonetos, culminando com a perfuração de poços.

2.2 ROCHA RESERVATÓRIO

A rocha reservatório pode ser de qualquer natureza. No entanto, é necessário que ela apresente espaços vazios (porosidade) e que estes espaços estejam interconectados para lhe conferir a permeabilidade. Na figura 5 temos a representação de uma rocha reservatório.

Bloco-diagrama mostrando a acumulação dos hidrocarbonetos e água numa dobra de uma rocha reservatório.

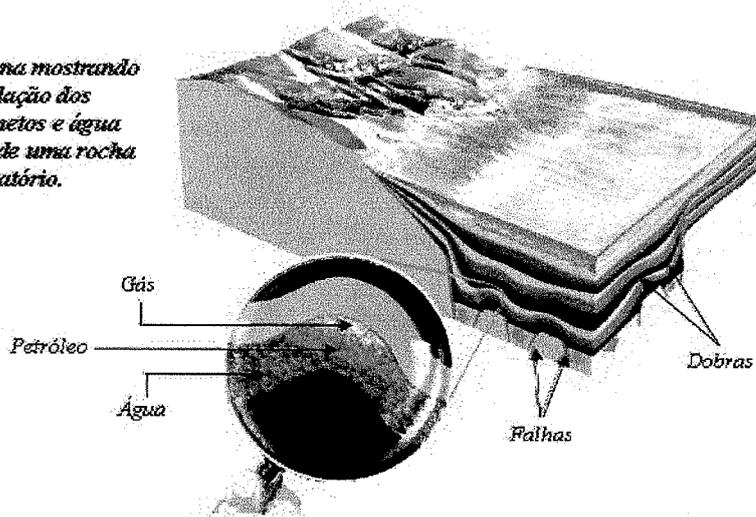


Figura 5 - representação de uma rocha reservatório.

Fonte: histpetroleo.sapo.com.br

a) POROSIDADE DA ROCHA RESERVATÓRIO

A porosidade da rocha reservatório é definida como a proporção entre o espaço livre (vazio) de uma rocha e o volume total da mesma e é normalmente multiplicada por 100 e expressa em porcentagem. Existem vários tipos de porosidade como primária, secundária, etc. Para se explicar estes tipos, é necessário se considerar dois modelos geológicos diferentes:

- **MODELO CARBONATO:** Os reservatórios de carbonato são rochas calcárias e dolomita. Nesse modelo a porosidade é subdividida em primária e secundária. A porosidade primária foi originada no tempo de deposição e é também conhecida como porosidade intergranular. Qualquer cimentação desses grãos deverá reduzir a porosidade primária. A porosidade secundária ou porosidade induzida é causada por fraturas, as quais são comuns em reservatórios carbonatos. Estas fraturas são induzidas por causar fraturamento, solução e recristalização após deposição.

- **MODELO ARGILO-ARENOSA:** Este modelo é geologicamente mais novo do que o modelo carbonato. A porosidade, total se refere a percentagem de fluidos (livres e limitados) do volume total. A argila possui uma quantidade de água limitada.

b) PERMEABILIDADE DA ROCHA RESERVATÓRIO

A permeabilidade é definida como a facilidade com que o fluido pode fluir através dos poros. Ela pode ser reduzida caso haja material impermeável bloqueando ou dificultando a passagem do fluido. Não existe nenhuma relação absoluta entre porosidade e permeabilidade. A permeabilidade é em função do tamanho, número e caminho pelo qual o fluido deve passar.

c) VISCOSIDADE DA ROCHA RESERVATÓRIO

É a resistência interna que um fluido oferece para fluir. A densidade é relacionada com a viscosidade, variando ambas com a pressão e temperatura.

Nos líquidos hidrocarbonetos, o aumento da temperatura ou da pressão reduz a viscosidade. A pressão e a temperatura inicial do reservatório são maiores do que nas condições do tanque de estocagem. No tanque a viscosidade é medida em condição padronizada de pressão atmosférica e temperatura de 60° F.

A terceira influência é a densidade, a qual depende da quantidade de gás na solução; estão diretamente relacionados, quando os gases são misturados na solução de petróleo, reduzem a densidade e conseqüentemente também a viscosidade.

3. TESTE DE FORMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE POÇOS

O teste de formação é uma das mais valiosas ferramentas usadas na indústria petrolífera, serve para se avaliar um reservatório antes de completar o poço. Através desta operação pode-se calcular a pressão, a vazão entre outras características de poços abertos ou revestidos.

Atualmente as empresas tem-se especializado em operações com desenvolvimento de novas tecnologias e avançados programas de hardware que facilitam e minimizam os riscos e dispêndio de tempo na apresentação de resultados e redução de custos no processo econômico da construção de poços.

4. PERFURAÇÃO

A perfuração é a etapa na qual há um aumento na profundidade do poço. Caracteriza-se pela aplicação de peso e rotação na broca e pela circulação de fluido (figura 6). O peso e a rotação têm a função de destruir as rochas; já o fluido retira os cascalhos gerados pela broca e os transporta para a superfície e a circulação consiste em manter o bombeio do fluido, com rotação, mas com a broca fora do fundo (sem peso).

A hidrostática⁵ é um fator fundamental nas fases de perfuração e produção de um poço, ela influi diretamente nas forças e pressões atuantes no fundo de poço, na operação de ferramentas de fundo e no peso de tubulações submersas.

Quando a pressão é insuficiente, é necessário fazer a extração por meio de bombas colocadas à saída do poço ou dentro do próprio poço. Coloca-se à saída do tubo principal um sistema de válvulas reguladoras para que se tenha um bom controle de saída dos hidrocarbonetos, deixam-se sair quantidades limitadas, medindo-se a pressão, o volume e a qualidade. Sabe-se que uma parte de hidrocarboneto, considerável, adere à rocha e não pode ser extraído, só 30 % do petróleo, segundo os métodos normais, a não ser que se adaptem técnicas especiais e que são muita caras. Em seguida efetuam-se os primeiros cálculos sobre a produtividade do poço.

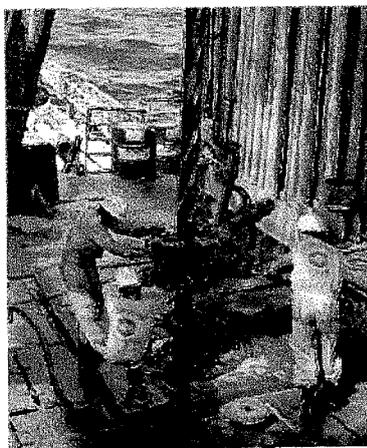
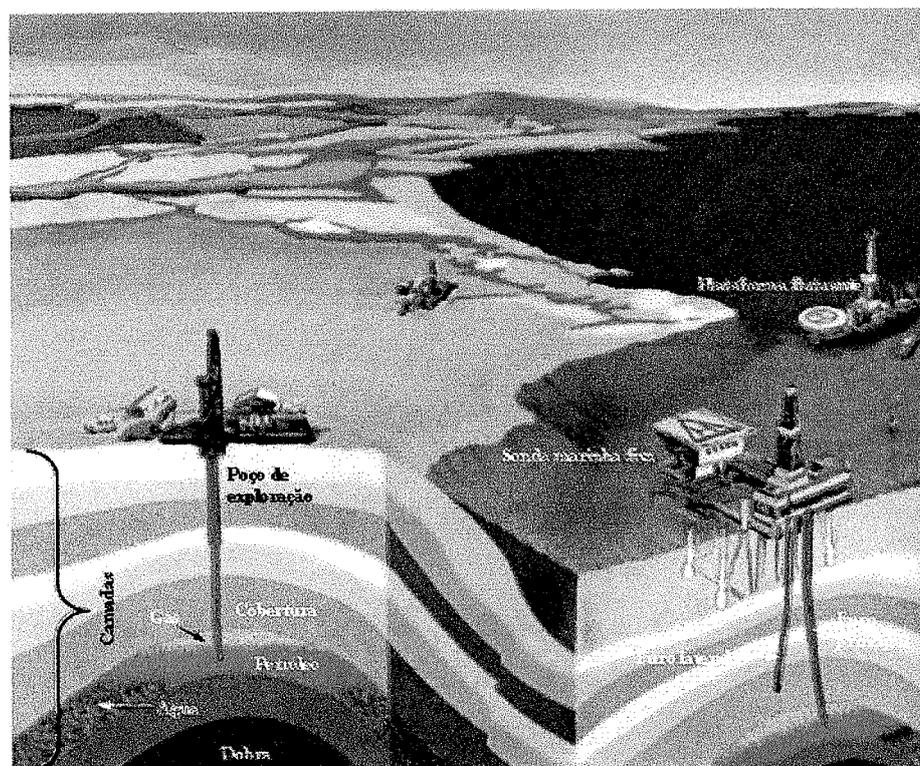


Figura 6 - Homens trabalhando na perfuração de petróleo no mar.

Fonte: Petrobrás

⁵ Parte da física que estuda o equilíbrio dos líquidos e as pressões por ele exercidas.

É preciso perfurar outros poços, chamados poços de "de limitação" e testá-los durante algum tempo, antes de passar ao verdadeiro programa de produção que implica um determinado número de "poços de exploração" (figura 7), dos quais jorrarão hidrocarbonetos durante 20 ou 30 anos até que o jazigo se esgote completamente. De qualquer modo, a extração não deixa a rocha reservatório "vazia". Isto seria fisicamente impossível, normalmente, são substituídos por água salgada sob pressão que preenche a maior parte da porosidade das rochas do subsolo.



Bloco-diagrama mostrando a exploração em terra e no mar.

Figura 7 - Perfuração em terra (onshore) e mar (offshore).

Fonte: histpetroleo.sapo.com.br

Em 1947, no Golfo do México, usaram-se as primeiras sondas marinhas com estruturas metálicas fixas apoiadas no fundo. Estes tipos de plataformas eram bastante caras e operavam em águas de pouca profundidade, até 50 metros. Foram, mais tarde, substituídas por plataformas móveis com auto-elevação sendo, ainda hoje, muito utilizadas. Estas plataformas flutuantes operam em profundidades até 100 metros. São sustentadas por enormes colunas ocas que imergem até 20 metros de profundidade, sem tocar o fundo, usando um sistema de ancoragem que lhes permite neutralizar a ação dos ventos, das marés e das tempestades. A mesma plataforma é utilizada para um grande número de perfurações.

As plataformas mais recentes operam em águas com profundidade superior a 100 metros, sendo as mais freqüentes de 200 metros, podendo ir até aos 3.000 metros. Estas plataformas flutuantes têm sistemas especiais de posicionamento dinâmico. Usam uns hidrofones especiais colocados na bordadura da plataforma que recebem sinais acústicos provenientes de uma ou várias estações emissoras colocadas sobre o fundo do mar. Estes estão em permanente ligação com uma central de cálculo que transmitem a um sistema de propulsores as ordens necessárias para manter a plataforma centrada sobre o furo, compensando os movimentos resultantes da ondulação marinha e das correntes marinhas.

Depois que as equipes de exploração interpretam os mapas e definem os pontos favoráveis, chega a vez de comprovar a existência de petróleo através da perfuração, que é um processo o qual requer equipamentos de grandes dimensões e capacidades.

4.1 ALGUMAS OPERAÇÕES ESPECIAIS DE PERFURAÇÃO

- Testemunhagem
- Pescaria - liberação de coluna:
- Controle de perfuração vertical / direcional – inclinômetro

O que chamam de inclinômetro, de funcionamento mecânico, é um instrumento utilizado nas inspeções de poços, quer vertical ou inclinados, para determinação da inclinação. Seu objetivo é obter um registro, num determinado tempo, utilizando uma bússola e um pêndulo. No momento preciso o mecanismo de relógio dispara um ponteiro que perfura um disco de leitura. Neste momento o instrumento deve estar completamente imobilizado no fundo do poço, depois de um certo tempo o instrumento é trazido para a superfície para a interpretação e leitura.

A testemunhagem é a operação de se obter durante a perfuração, um "testemunho", daquele que a broca corta com dimensões tais que possa ser utilizado para exames e análises eventuais; que trará informações diretas importantes das propriedades físicas das zonas penetradas durante a perfuração. Isso permitirá o seu conhecimento mais concreto, como, porosidade, permeabilidade, saturação de água e saturação de hidrocarbonetos (óleo cru e gás natural).

O termo pescaria em petróleo é aplicado a todas as operações relativas à recuperação de objetos estranhos ou perdidos ao poço (figura 8). Ao objeto é dado o nome de "peixe". A pescaria é realizada pela própria equipe de perfuração ou, caso não consigam, é acionada uma equipe especializada em pescaria (pescadores).

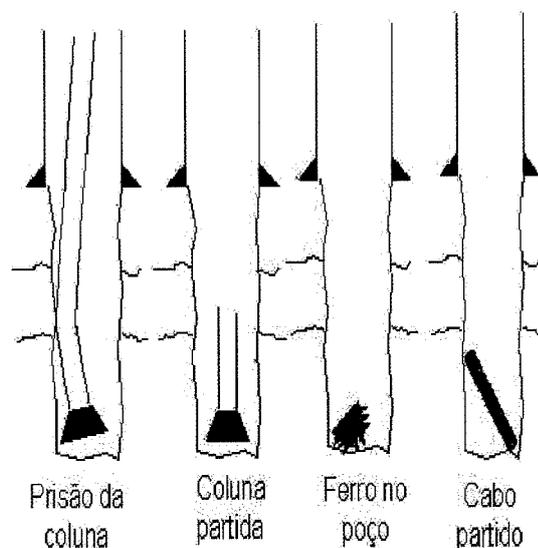


Figura 8 - Diferentes tipos de objetos que possam cair dentro da coluna de perfuração.

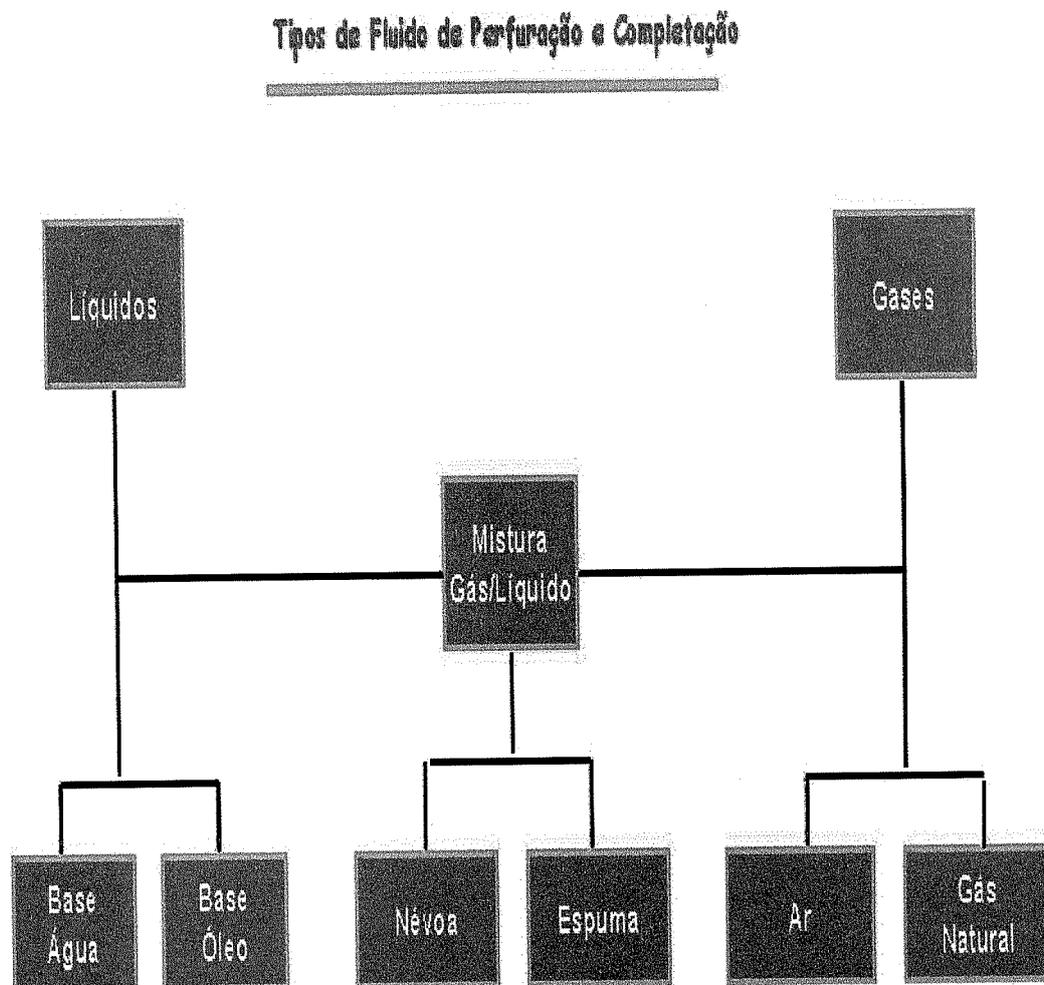
Fonte: histpetroleo.sapo.com.br

4.2 FLUÍDO DE PERFURAÇÃO

Um componente crítico na perfuração é o fluido, o qual é conhecido como lama de perfuração. O peso da lama (densidade) e a resultante hidrostática no ponto de perfuração devem fornecer sempre uma pressão positiva para dentro da formação. Isto é para prevenir que os fluidos da formação, sob pressão possam causar um influxo indesejável e não esperado, que pode ocorrer da formação para dentro do poço, e isto se dá quando a pressão no poço, em frente a uma formação permeável, fica menor que a pressão de poros dessa formação. O fluido invasor pode ser de água, óleo ou gás.

O programa de fluido de perfuração é definido de acordo com o tipo de solo que irá ser perfurado. Os fluidos utilizados podem estar em estado líquido, gasoso ou uma mistura gás líquido. O diagrama 1 apresenta alguns tipos de fluidos de perfuração.

Diagrama 1: Tipos de fluidos de perfuração



Fonte: sapo.com.br

A água também pode ser usada como fluido de perfuração. Apresenta vantagens e desvantagens pela sua utilização.

Vantagens do uso da água:

- Tem baixa viscosidade, permite usar altas vazões / velocidade de retorno;
- Uma separação rápida do cascalho na superfície;
- Permite alcançar elevadas taxas de penetração;
- Não necessita de tratamento químico;
- Permite desgaseificação rápida;
- Resfria melhor a broca e a coluna de perfuração do que qualquer outro fluido.

Desvantagens do uso da água como fluido:

- Não mantêm sólidos em suspensão ;

- Altas velocidades de retorno fazem erodir as paredes do poço provocando alargamento;
- Não é bom lubrificante para os equipamentos;
- Facilita a hidratação da argila resultando em inchamento da formação, provocando desmoronamento;
- Dissolve as rochas solúveis;
- Etc.

4.2.1 FUNÇÕES DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

- ◆ Limpar, esfriar e lubrificar a broca e a coluna de perfuração;
- ◆ Controlar as pressões de sub-superfície;
- ◆ Transportar, para a superfície, os fragmentos triturados pela broca ou os provenientes de desmoronamentos, permitindo a sua separação, através dos equipamentos de superfície;
- ◆ Manter em suspensão, durante as paralisações da circulação, tanto o cascalho a ser removido do poço, como as partículas inertes da própria fase dispersa;
- ◆ Prevenir o desmoronamento das formações perfuradas;
- ◆ Permitir a obtenção do maior número possível de informações das camadas perfuradas;
- ◆ Suportar uma parte do peso das colunas de perfuração e de revestimentos, devido ao empuxo;
- ◆ Formar um reboco de consistência conveniente, ao longo das paredes do poço, consolidando-as, a fim de minimizar o desmoronamento e reduzir a filtração em camadas permeáveis;
- ◆ Reduzir, ao mínimo, a danificação das formações produtoras;
- ◆ Transmitir potência hidráulica à broca;
- ◆ Prevenir a corrosão da coluna de perfuração;
- ◆ Reduzir, ao mínimo, o risco de vida das equipes de perfuração, bem como o perigo de incêndio;
- ◆ Reduzir os custos com as colunas de revestimentos;
- ◆ Servir de condutor para o sensor do sistema de perfuração direcional.

5. TRAPAS

Um dos requisitos para a formação de uma jazida de petróleo é a existência de armadilhas ou trapas, que podem ter diferentes origens, características e dimensões. Convencionalmente são classificadas como estruturais, falhas e estratigráficas.

- Estrutural – Respostas aos esforços e deformações (dobras anticlinais e falhas).
- Falhas – Bacias do Recôncavo e Bacias Costeiras.
- Estratigráficas – Não tem relação direta com esforços atuantes. São determinadas por interações de fenômenos de caráter paleográfico (variações laterais de permeabilidade), eventos deposicionais.

a) ANTICLINAIS

Estas falhas são formadas pelo levantamento das camadas inferiores (figura 9), que receberam forças de compressão horizontais. Quando vistas de cima a falha anticlinal tem forma alongada.

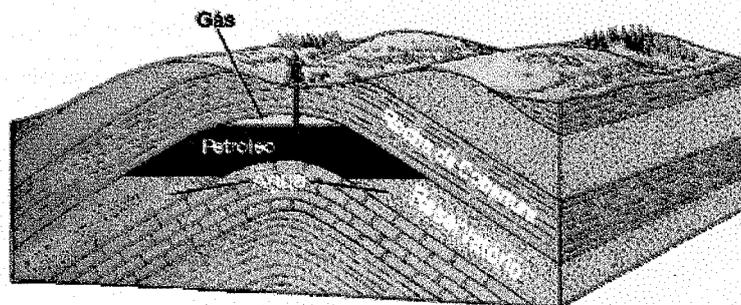


Figura 9 - As rochas estão dobradas em anticlinal pelo efeito das forças de compressão horizontais. Os fluidos ficaram aprisionados na rocha reservatório.

Fonte: comciencia.br/reportagens/petroleo/pet09.shtml

b) ABÓBADAS

Estas falhas são formadas pelo levantamento das camadas inferiores e quando vistas de cima tem forma circular.

c) ABÓBADAS DE SAL E ESTRUTURA TAMPÃO

Estas falhas também são formadas pelo levantamento das camadas inferiores e são causadas pela intrusão de uma massa ou serpentina de sal.

d) ESTRUTURAS ASSOCIADAS COM FALHAS DEFEITUOSAS

Falhas formadas em um plano defeituoso quando uma rocha impermeável bloqueou a migração de hidrocarbonetos que se iniciou em uma rocha permeável (figura 10).

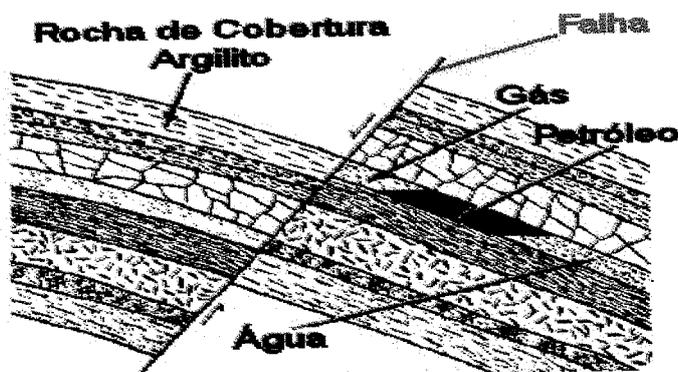


Figura 10- O deslocamento relativo dos blocos ao longo do plano de falha, colocou o argilito (rocha de cobertura) frente à rocha reservatório, impedindo, deste modo, a migração dos hidrocarbonetos e da água. Fonte: comciencia.br/reportagens/petroleo/pet09.shtml

e) ESTRUTURAS ASSOCIADAS COM DESCONFORMIDADE

Falha formada através da falha de uma camada geológica, causada pela quebra no processo de deposição, erosão ou deformação estrutural.

f) FALHA LENTICULAR

Ocorre quando lentes porosas são formadas dentro de uma rocha impermeável.

Um reservatório comercial de petróleo deve reunir dois requisitos:

- a rocha sedimentar deve ser porosa e permeável;
- e deve conter uma ou mais falhas.

6. POSSÍVEIS PROBLEMAS NA PERFURAÇÃO

a) PERFURAÇÃO OFFSHORE:

As dificuldades que envolvem a sondagem no mar são numerosas, contudo têm vindo a ser ultrapassadas, particularmente nos últimos 30 anos.

Alguns dos problemas a solucionar são:

- Efeito das marés;
- A ação dos ventos e das ondas;
- As correntes marítimas;
- A topografia do fundo marinho;
- A profundidade do fundo marinho;
- Efeito corrosivo das águas marinhas na tubulação;
- A profundidade do furo a sondar.

b) PERFURAÇÃO ONSHORE E OFFSHORE:

Alguns dos problemas a solucionar tanto no continente quanto no mar são:

- "Perda de Circulação" ou "Ausência de Retorno" é a perda do fluido de perfuração (ou pasta de cimento) para os espaços porosos, fraturas ou cavernas da formação;
- Prisão de coluna de perfuração por diferencial de pressão, desmoronamento, embuchamento ou inchamento de argila;
- Desgaste de brocas;
- Objeto indesejável (ferramenta, seção da coluna de perfuração, cones de broca, cabos) preso ou caído no poço;
- Mudanças de direção do poço em função de fatores naturais e mecânicos; tais mudanças podem ser desejadas ou não, de maneira que pode se utilizar equipamentos que as proporcionam;
- Formações argilosas que incham e desmoronam.

7. ROCHA SELANTE

Para que o petróleo se acumule na rocha reservatório é necessário que alguma barreira interponha no caminho até a superfície, ou seja, uma rocha selante (figura 11), cuja característica principal é a baixa permeabilidade. Também deve ter plasticidade, característica que permite que a mesma permaneça selante mesmo quando submetida a esforços determinantes de deformações.

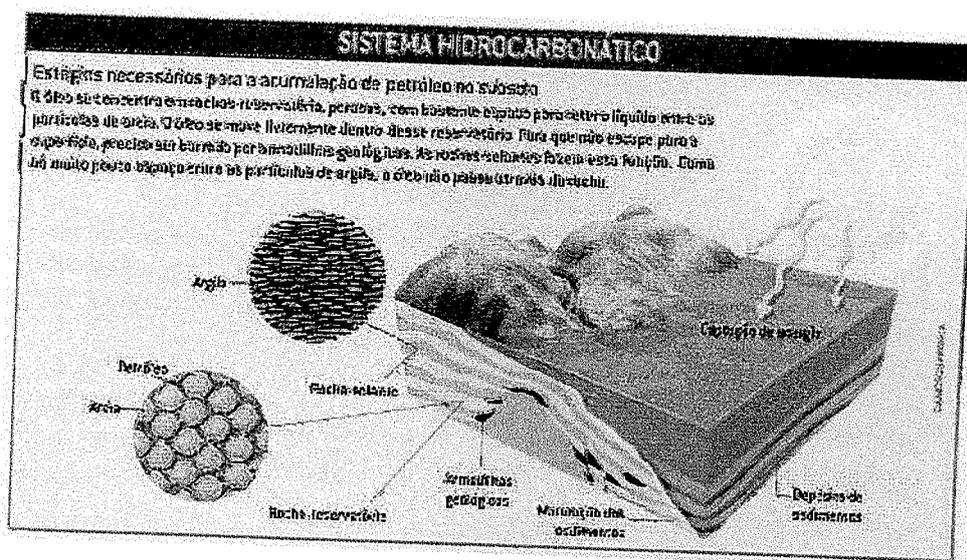


Figura 11 - Armadilhas geológicas.

Fonte: Petrobrás

São selantes, principalmente folhelhos e evaporitos, com menor freqüência arenitos e calcários pouco permeáveis. A eficiência selante de uma rocha depende da sua espessura e extensão.

Dentre as camadas geológicas perfuradas, existem rochas porosas próximas à superfície que contém água potável (lençol freático). A perfuração torna possível a migração de zonas de maior pressão para as de menor pressão, ocasionando também liberação de gases contidos na estrutura das rochas, que podem contaminar as camadas superficiais atmosfera. A cimentação mantém estas camadas isoladas como estavam antes da perfuração.

8. SEGURANÇA DO POÇO

O sistema de segurança permite o controle de produção e pressão através de um sistema de acionamento de válvulas, também conhecido como "árvore de natal" (figura 12). É instalado imediatamente ao encerramento do processo de perfuração, quando o poço encontra-se devidamente revestido. Seus principais componentes são uma unidade acumuladora e acionadora, painéis de controle remoto, um desgaseificador, um sistema de estrangulamento que fica na base do poço (onshore ou offshore).

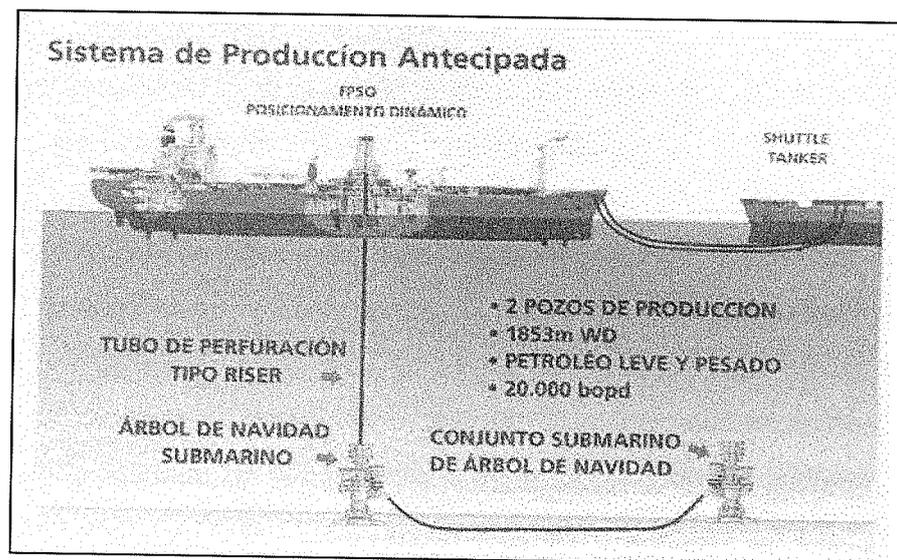


Figura 12 - Sistema de produção com acionamento de válvula.

Fonte: Petrobrás

O programa de revestimento consiste basicamente em um processo sistematizado de inserir as tubulações com especificações pré-estabelecidas, seguidas de cimentações, isolando assim, o óleo das paredes do poço no momento em que este poço começar a produzir. Devem ser de material resistente e que tenham duração superior à vida do poço e não sofram deformações além dos limites especificados. Durante as várias etapas da perfuração, à medida que for sendo perfurado, o poço vai sendo revestido para promover o isolamento entre a perfuração e as camadas perfuradas.

Após a perfuração do poço e antes do seu revestimento, é comum a descida de registradores para se medir algumas das propriedades da formação (resistividade, raios gama, sônico, caliper, etc.). Esse procedimento é denominado perfilagem.

As etapas de cimentação seguem um programa estabelecido que em geral tem 3 etapas:

- *Etapa 1*: Cimentação da superfície de revestimento de ancoragem que vai até uma profundidade máxima de 200 metros, aproximadamente;

- *Etapa 2*: Cimentação do revestimento condutor que atinge as profundidades de 300m, 600m ou mais, quando se faz necessário. Esta operação protege as camadas aquíferas e o revestimento instalado suportará todos os outros revestimentos que serão instalados até o final da perfuração do poço;

- *Etapa 3*: Consiste na cimentação de produção. Pode ser a última etapa de fixação do revestimento, se há comprovação de produtividade do poço.

Quando houver abandono do poço utiliza-se tampões para o isolamento de zonas inferiores, e, às vezes, no processo de perfuração para combater a perda de circulação.

O revestimento tem como funções prevenir desmoronamentos, evitar a contaminação de água potável, controlar pressões, impedir migração de fluidos, sustentar a estrutura de cabeça do poço, sustentar outros revestimentos, isolar a água da formação produtora, alojar equipamentos de elevação artificial e confinar a produção.

É evidente que qualquer junta de um revestimento deve resistir ao peso dos demais tubos que estão abaixo dela. O coeficiente de segurança deve ser baseado no peso da coluna no ar, levando-se em conta o empuxo (flutuação) da lama de perfuração.

Em um mesmo poço podem ser descidos, desde que o programa e as condições mecânicas exijam, quatro tipos de revestimentos, que são:

- *Tubo condutor* : serve para conduzir a lama, enquanto não se desce o revestimento de superfície. Serve também para sustentar as formações não consolidadas e proteger o revestimento de superfície contra corrosão;

- *Revestimento de superfície*: é considerada a primeira coluna de revestimento. Suas funções principais são isolar a água das formações superficiais e servir de suporte para o

equipamento de segurança. A profundidade depende das rochas atravessadas e ele deve ter a sua sapata assentada em rochas compactadas com o folhelho, argila e calcário. São totalmente cimentados;

- *Revestimento intermediário ou de proteção*: usado para proteger formações desmoronáveis, controlar altas pressões de gás, arenitos com óleo ou água a alta pressão. Estes não são cimentados até a superfície, razão pela qual se pode recuperá-lo se o poço não for produtor;

- *Revestimento produtor*: pode ser descido até as imediações da zona produtora ou depois que a mesma foi perfurada, isto é, pode ser descido até o topo da zona de óleo e, em seguida perfurar até a profundidade final, ou pode ser descido após atingir a profundidade final. Além de suportar as paredes do poço, evitar a contaminação da zona produtora por fluidos de outras formações, evitar a fuga de óleo ou gás através de outras formações, conduz a produção até a superfície.

8.1 CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS

Podemos classificar os revestimentos em geral, para efeito de estudo, da seguinte maneira:

a) QUANTO À NATUREZA DO MATERIAL:

- Ferro: maleável e fundido;
- Aço: em todas as modalidades;
- Bronze;
- Alumínio;
- Magnésio;
- Fibra;
- Concreto centrifugado.

b) QUANTO AO MÉTODO DE FABRICAÇÃO:

- Soldados;

- Costurados (em espiral ou paralela ao eixo do tubo);
- Rebitados e machetados;
- Sem costura.

c) QUANTO À SUPERFÍCIE:

- Lisa: interna e externamente;
- Corrugados: confeccionados em chapas mais finas pois as ondulações externas das paredes oferecem maior resistência à pressão lateral.

d) QUANTO AO TIPO DE CONEXÃO:

- Rosca: em V;
- Solda: após encaixe.

8. PRINCIPAIS TIPOS DE PLATAFORMAS

a) PLATAFORMAS FIXAS

Funciona com um edifício. Cravadas com estacas, são as mais comuns até 100 metros de profundidade. Servem como plataformas de produção e perfuração, e podem ser de aço e de concreto.

b) PLATAFORMA AUTO-ELEVÁVEIS

Só podem existir em águas rasas (até 90 metros). Elas são dotadas de três ou mais pernas com até 150 metros de comprimento, que se movimentam verticalmente através do casco. No local da perfuração, as pernas descem até o leito do mar e a plataforma é erguida, ficando a uma altura adequada, acima das ondas. Terminando a perfuração, as pernas são suspensas e a plataforma está pronta para ser rebocada. Existem poucas de produção, as de perfuração são em maior número.

c) PLATAFORMAS SEMI-SUBMERSÍVEIS

Esse tipo se apoia em flutuadores submarinos, cuja profundidade pode ser alterada através do bombeio de água para dentro ou para fora dos tanques de lastro, isso permite que os flutuadores fiquem posicionados sempre abaixo da zona de ação das ondas. As plataformas de perfuração são as mais comuns. De 100 metros de profundidade em diante, existem em maior número no Brasil. Podem ficar ancoradas ou em posicionamento dinâmico.

d) NAVIOS-SONDA

Possuem autopropulsão, e em quase tudo se assemelham aos navios convencionais. Há também as unidades de perfuração conhecidas como navios-tender, complementares às plataformas fixas, junto às quais são ancoradas.

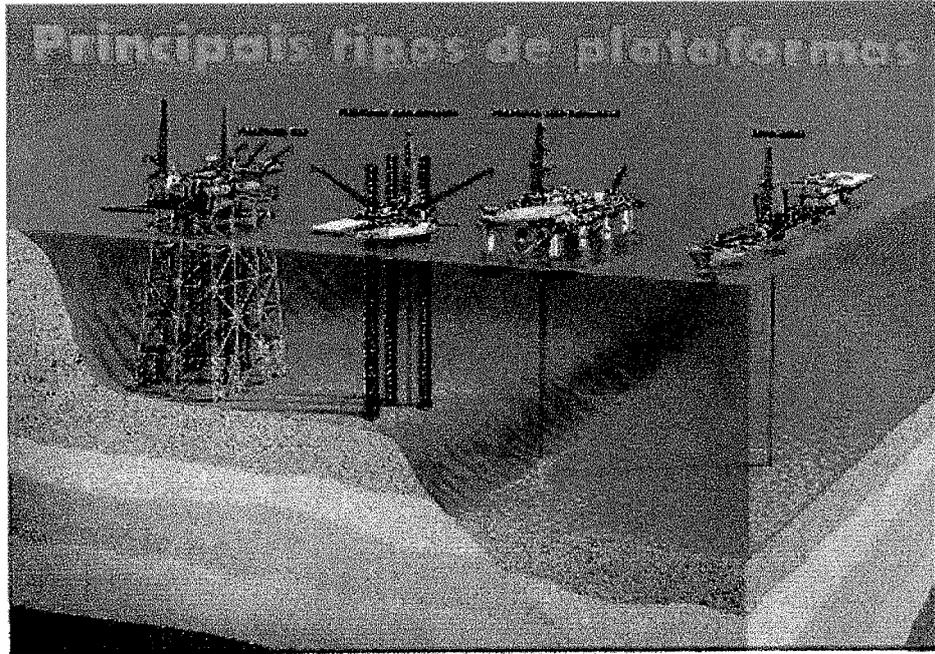


Figura 13 - Tipos de plataformas de perfuração de poço de petróleo, na seqüência da esquerda pra direita:
Plataforma Fixa, auto-elevável, semi-submersíveis e navio-sonda

Fonte: Petrobrás

10. O PETRÓLEO E A AGRESSÃO AO MEIO AMBIENTE

O petróleo é um combustível muito nocivo para o ambiente em todas as fases do consumo:

- Durante a extração, devido à possibilidade de derrame no local da prospeção;
- Durante o transporte, o perigo advém da falta de confiabilidade dos meios envolvidos, bem como, da utilização de infra-estruturas obsoletas;
- Na refinação, e;
- No momento da combustão, devido à emissão para a atmosfera de gases com efeito estufa.

Os piores danos acontecem durante o transporte de combustível, devido aos possíveis vazamentos em grande escala de oleodutos e navios petroleiros.

Os vazamentos de petróleo produzem um fenômeno conhecido como "maré negra" (figura 14), quando uma película do produto, com densidade diferente da água, forma-se na superfície do mar. Seu efeito já é letal para as espécies que integram o ecossistema marinho, mas os prejuízos aumentam quando a poluição chega à costa.



Figura 14 - Derramamento de petróleo.

Fonte: ambientebrasil.com.br/.../energia/petróleo

As notícias sobre os vazamentos de navios são impactantes, especialmente porque a quantidade de petróleo vazada de uma vez é enorme, sendo responsáveis por 20% desse tipo de contaminação. Os 80% restantes provêm de atividades navais, e extração ou transporte de petróleo no mar, entre outros. As plataformas petrolíferas vertem cerca de 130 mil toneladas

anuais no mar. A cada ano, os oceanos do mundo são contaminados com três a quatro toneladas de petróleo.

O derramamento de petróleo no solo (seja por rompimento de dutos ou problemas de manutenção dos poços) atinge áreas agrícolas e prejudica a produção de alimentos.

"No Brasil, os dois últimos graves acidentes em oleodutos aconteceram no ano de 2000 e causaram grandes vazamentos na Baía da Guanabara e na Paraná, no mesmo ano, a Petrobrás criou o Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Ocupacional (PEGASO), em conjunto com várias faculdades" (ambientebrasil.com.br). O programa engloba cerca de três mil projetos em todas as unidades da empresa. As atividades acontecem desde a revisão de sistemas, construção e ampliação de instalações, até a automação de todos os dutos da companhia. Também foram criados nove Centros de Defesa Ambiental (CDA) nas principais áreas de atuação, em vários estados do país, para o aprimoramento dos sistemas de redução de resíduos e emissão de poluentes na atmosfera. Os CDAs ficam em alerta 24 horas, com equipamentos de segurança, barcos, balsas recolhedoras de óleo, dispersantes químicos, agentes biorremediadores e grandes extensões de barreiras de contenção e absorção.

A Petrobrás mantém à disposição um helicóptero com sensores infravermelhos para a detecção de hidrocarbonetos na água e uma embarcação, na Baía de Guanabara, especializada em controle de vazamentos, com capacidade para recolher até 200 mil litros de óleo por hora.

O trabalho de monitoramentos dos oleodutos envolve também a avaliação das condições geotécnicas das faixas de terra por onde passam os dutos, que podem ser afetados por condições climáticas como chuva, erosão e marés.

10.1. PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS

O primeiro impacto da exploração do petróleo, ocorre quando do estudo sísmico, com erosões, vibrações; por causa das explosões que são necessárias para se localizar poços petrolíferos.

Junto com toda a produção de petróleo, existe uma produção de água, cuja quantidade dependerá das características dos mecanismos naturais ou artificiais de produção, e das

características de composição das rochas reservatórios. Essa água produzida da rocha reservatório é identificada pela sua salinidade e composição destes sais, normalmente sais de magnésio e estrôncio. Para impedir a precipitação de sais nos poros das rochas no subsolo, muitas vezes são utilizados produtos químicos que são injetados no subsolo, o que implica na existência destes produtos nas localidades de produção, e seus cuidados relativos a sua presença no meio ambiente. Cuidados especiais devem ser tomados com o descarte destas águas produzidas.

Durante a perfuração de poços de petróleo, usa-se um fluido de perfuração, cuja composição química induz a comportamentos físico-químicos desejados, para permitir um equilíbrio entre as pressões das formações e a pressão dentro dos poços. Para o controle destes fluidos são usados aditivos a lama de perfuração, normalmente baritina e outras argilas. É de fundamental importância que esses fluidos e produtos sejam devidamente armazenados e manipulados, evitando com isso um impacto ecológico localizado.

Para análise das formações atravessadas pelo poço perfurado, utilizam-se ferramentas de perfilagem radioativas, e é preciso ter cuidado com a manipulação, transporte e armazenagem dessas ferramentas.

O petróleo é considerado o principal poluente do ambiente marinho. O óleo espalha-se pela superfície e forma uma camada compacta que demora anos para ser absorvida. Isso impede a oxigenação da água, mata a fauna e a flora marinhas e altera o ecossistema. Em relação aos animais, são as aves aquáticas as mais afetadas, cobertas de petróleo, são incapazes de voar ou nadar e as suas penas deixam de as aquecer, sofrendo de hipotermia. O óleo penetra pelos bulbos, contamina o sistema digestivo e causa má-formação de novas penas. Muitas morrem, porque não conseguem se alimentar e ao tentarem se limpar, envenenam-se. Podem ocorrer ainda, segundo estudos, lesões no fígado, nas glândulas supra-renais, impermeabilização das mucosas e destruição da flora intestinal.

10.2 GUERRA, PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE

Na baixa atmosfera, a poluição gerada pela queima do petróleo (sabotagem de guerra nos poços ou trincheiras), é altamente tóxica (figura 17). Contém hidrocarbonetos, furanos, mercúrio, dioxinas e dióxido de enxofre, este mais conhecido como o principal gás da chuva

ácida. Os incêndios também emitem os chamados gases do efeito estufa, sobretudo dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio, que causam danos na alta atmosfera, aumentando a contribuição da região para as mudanças climáticas.

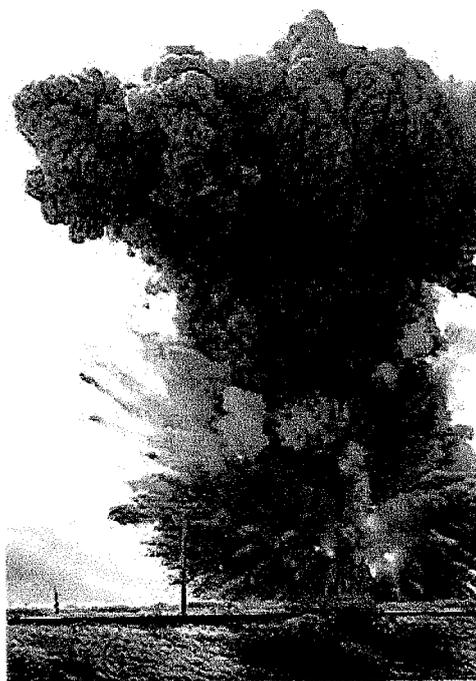


Figura 17 - Explosão de um poço de petróleo
Fonte: ambientebrasil.com.br/energia/petroleo

Mesmo que tantos incêndios não se concretizem, outras emissões importantes já estão afetando a atmosfera. Os aviões de combate, por exemplo, são responsáveis por contribuições importantes para o efeito estufa, não tanto pela quantidade de gases emitidos individualmente, mas dada a grande concentração de vôos de altitude. São aviões que teriam emissões individuais menores do que a de aviões comerciais. Porém, decolam em grupos, usando a estratégia alto-baixo-alto para escapar dos radares, ou seja, quase sempre próximo da aceleração máxima, emitindo os gases diretamente na estratosfera. De acordo com o relatório especial sobre aviação, isso potencializa as emissões, já que o carbono é liberado na camada onde se processam as reações fotoquímicas do efeito estufa, além de interagir com aerossóis. O carbono liberado em solo vai oxidando até chegar na estratosfera e, portanto, relativamente, causa menos danos.

A fuligem dos incêndios, enxofre, chuva ácida e derivados do petróleo queimado são transportados pelo vento e se espalham, contribuindo para o envenenamento da água, da vegetação natural e das pastagens e representando um sério problema de saúde a mais para a população, seus rebanhos e fauna nativa. Sem contar eventuais vazamentos de fábricas e instalações bombardeadas, entre as quais as indústrias de papel e celulose, fertilizantes e produtos farmacêuticos, que oferecem maiores riscos.

10.3 TRATAMENTOS

a) REABILITAÇÃO DE AVES

Em casos de acidentes, há uma equipe que sai com barcos para o resgate dos animais afetados pelo óleo. Ao capturar as aves, o primeiro procedimento a se realizar é a desobstrução das fossas nasais e limpeza do bico e limpeza dos olhos. Depois deste atendimento inicial, o animal é envolvido em panos ou papel toalha na tentativa de elevar-se a temperatura corporal.

Em seguida, é levado ao centro de reabilitação, onde são verificadas a condição corpórea através da musculatura peitoral e possíveis lesões e ferimentos e onde ainda é feito uma nova limpeza dos resíduos encontrados no bico e nas fossas nasais.

Na seqüência as aves são submetidas a banhos de água com detergente neutro para retirada completa do óleo do corpo. As aves estando limpas são secas com toalhas e colocadas em caixas com aquecimento.

A reabilitação das aves, pela contaminação do óleo, varia de acordo com a espécie. Patos selvagens, por exemplo, podem ser facilmente tratados em apenas alguns dias. Aves oceânicas (ex.: mergulhões), são mais difíceis para abrigar, alimentar e impermeabilizar, sendo mais sensíveis às doenças de origem terrestres.

b) MEIO FÍSICO

Das operações de tratamento do petróleo resultam resíduos oleosos, mesmo em pequenas quantidades, recebem cuidados. Inovações tecnológicas vem permitindo a reutilização de efluentes líquidos resultantes das operações de produção.

Chaminés, filtros e outros dispositivos evitam a emissão de gases, vapores e poeiras para a atmosfera; unidades de recuperação retiram o enxofre dos gases, cuja queima produziria dióxido de enxofre, um dos principais poluentes dos centros urbanos.

Os despejos líquidos são tratados por meio de processos físico-químicos e biológicos. Além de minimizar a geração de resíduos sólidos, as refinarias realizam coleta seletiva, que permite a reciclagem para utilização própria ou a venda a terceiros.

O resíduo não-reciclado é tratado em unidades de recuperação de óleo e de biodegradação natural, onde microorganismos dos solos degradam os resíduos oleosos. Outros resíduos sólidos são enclausurados em aterros industriais constantemente controlados e monitorados.

CONCLUSÃO

Foi mostrado que o petróleo se origina em camadas abaixo do solo e sem a presença de oxigênio, recebendo a ação de bactérias anaeróbias e gerando gases. Encontram-se na natureza ocupando os vazios de uma rocha porosa conhecida como reservatório e são impregnados de água. Para se obter gás ou óleo cru, depende-se da fração de hidrocarboneto. Misturados aos hidrocarbonetos existem, as chamadas impurezas do petróleo que causam problemas de poluição e contaminação.

Na hora de perfurar um poço, deve-se analisar cada propriedade do petróleo (viscosidade, teor de enxofre, etc), para que seja usado os equipamentos apropriados e os cuidados necessários para uma boa operação. De todas as propriedades do petróleo somente a cor, não influencia no uso dos equipamentos de perfuração e na capacidade de poluir.

O método sísmico é uma grande ferramenta para se saber informações a respeito do local a ser perfurado. Faz-se necessário a perfuração de poços temporários para a conclusão *ou abandono do poço de perfuração de petróleo.*

A perfuração não é uma ação simplesmente de furar buracos no solo, é acompanhada de várias outras ações, tais como o indicador de inclinação do poço, análise das propriedades da rocha e a captura de objetos que impeçam as operações normais de perfuração, para que não aconteça acidentes.

O fluido de perfuração tem importância pela eficácia na limpeza do fundo do poço, ou seja, a retirada dos cascalhos gerados pela broca, facilitando deste modo a perfuração.

As falhas ou dobras são indicadoras de rocha reservatório e estas têm que possuir espaços vazios para se armazenar o óleo.

A operação estudada no trabalho mostra os possíveis problemas com possibilidades de acontecimento, se não acompanhados os procedimentos de segurança e feito os estudos geofísicos da área a ser operada.

É fácil notar que se perfurarmos um poço sem interrupção, chegará um ponto em que suas paredes localizadas próximas a superfície desmoronarão. Por isso é feito em fases, isto é, em intervalos de diâmetro e entre uma fase e outra revesti-se o trecho perfurado de rocha, fazendo a cimentação necessária. Controlar a produção e pressão é assegurar o poço que está ativo.

Os acidentes ambientais causados por petróleo são os piores acidentes hídricos que possam acontecer. Afetam a fauna e flora do ambiente e quando chegam à costa marinha prejudicam até o ser humano. A reversão da situação é vagarosa e ainda não se tem o tratamento que irá acabar com todo o óleo derramado, apesar de estudos e pesquisas que estão sendo investidos por indústrias petroquímicas.

BIBLIOGRAFIA

HINRICHES, R.A., KLEINBACH, M., *Energia e Meio Ambiente*, Editora Thomson, São Paulo, 2003.

VIEIRA, Iris. Equipe Técnica da ASSETEC - Assessoria Técnica e Consultoria, Petrobrás - Apostila de Capacitação técnica em perfuração e produção de petróleo.

História do petróleo. Disponível em: <<http://www.histpetroleo.no.sapo.pt>>. Acessado em: 12 de outubro de 2005.

O petróleo e a agressão ao meio ambiente. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet09.shtml>. Acessado em: 12 de outubro de 2005.

Petróleo. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acessado em: 15 de novembro de 2005.

Destaques do Governo. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acessado em: 09 de novembro de 2005.

O petróleo. Disponível em: <http://www.cepetro.unicamp.br/petroleo/index_petroleo.html>. Acessado em: 15 de novembro de 2005.