

PERFURAÇÃO

1. Métodos de Perfuração de Poços

Conforme explicado em aulas anteriores, há basicamente dois tipos de métodos de perfuração de poços, são eles:

- **Método Percussivo:** A perfuração é feita golpeando a rocha com uma broca causando a sua fragmentação por esmagamento. Os cascalhos gerados no interior do poço após vários golpes são retirados posteriormente através de uma ferramenta chamada de caçamba.
- **Método Rotativo:** A perfuração é realizada através do movimento de rotação de uma broca, comprimindo a rocha causando o seu esmerilhamento. A retirada dos cascalhos gerados é realizada através do bombeio de fluido de perfuração através dos tubos de perfuração que retorna pelo espaço entre o anular da coluna de perfuração e o poço perfurado. Veja um esquema na figura 4-1

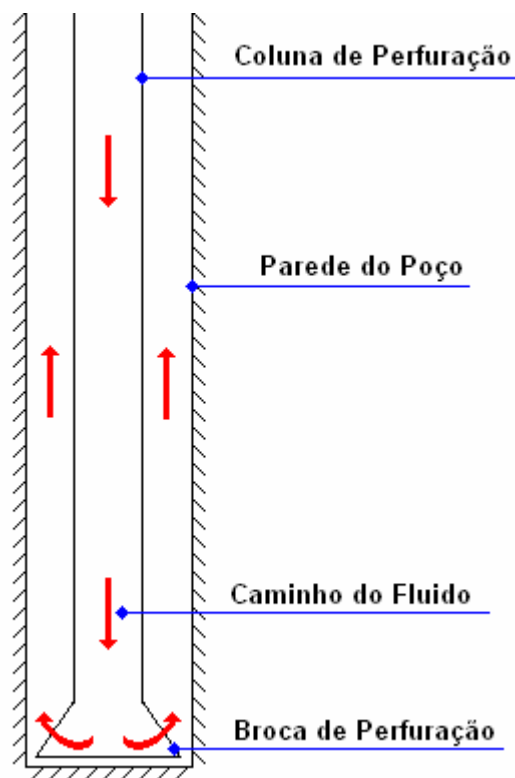


Figura 4-1: Método Rotativo

O método percussivo foi o primeiro método utilizado para a perfuração de poços na indústria do petróleo. A partir de 1900, quando da perfuração do

primeiro poço pelo método rotativo, este método passou gradativamente a ser o padrão na indústria, sendo utilizado nas perfurações atuais.

...

O método rotativo consiste em descer rotacionando uma coluna de perfuração possuindo em sua extremidade uma broca de aço. O efeito combinado do peso sobre a broca e da sua rotação sobre a formação causa a fragmentação da rocha. Com o objetivo principal de trazer para a superfície estes cascalhos gerados, é injetado por dentro da coluna de perfuração um fluido que passa através da broca e retorna através do espaço anular existente entre a coluna de perfuração e as paredes do poço. A medida que o rocha vai sendo esmerilhada e os cascalhos gerados são retirados, há o aprofundamento do poço.

O peso aplicado sobre a broca é resultante da própria coluna de perfuração, sendo colocados tubos pesados chamados de comandos (drill collars) acima da broca. A rotação pode ser transmitida para broca através do giro da própria coluna de perfuração, seja utilizando uma mesa rotativa ou de um equipamento chamado de top drive, ou girando apenas a broca através de um equipamento chamado de motor de fundo.

A figura 4-2 mostra uma ilustração de um poço sendo perfurado pela ferramenta **GeoForce™** da empresa Halliburton. (disponível no site: http://www.halliburton.com/public/ss/contents/Data_Sheets/web/H04480.pdf).



Figura 4-2: Ilustração de um poço sendo perfurado.

2. Sistemas de uma Sonda de Perfuração

A operação de perfuração de poços é realizada por sondas de perfuração, que possuem *várias* estruturas que em conjunto realizam a atividade de perfuração de poços. Resumidamente a sonda de perfuração deve possuir equipamentos ou estruturas capazes de:

- Armazenar os tubos de perfuração a serem utilizados;
- Elevar e posicionar estes tubos de perfuração;
- Rotacionar a coluna de perfuração (mesa rotativa ou top drive);
- Gerar energia para a locação, etc.

A figura 4-3 mostra uma ilustração de uma sonda de perfuração, infelizmente os termos estão em inglês devido à fonte da figura (Halliburton, 2007). Em uma tradução rápida temos:

Termo	Tradução	Termo	Tradução
Derrick	Mastro	Mud pumps	Bombas de lama
Traveling block	Catarina	Mud pits	Tanques de lama
Crown block	Bloco de coroamento	Engines	Motores
Rotary table	Mesa rotativa	Drill bit	Broca de perfuração

As estruturas da sonda que permitem o desenvolvimento da perfuração dos poços podem ser divididas em sistemas e dentre eles temos:

- a. Sistema de Sustentação de Cargas
- b. Sistema de Movimentação de Cargas
- c. Sistema de Rotação
- d. Sistema de Circulação de Fluidos
- e. Sistema de Monitoramento
- f. Sistema de Segurança de Superfície
- g. Sistema de Geração de Energia

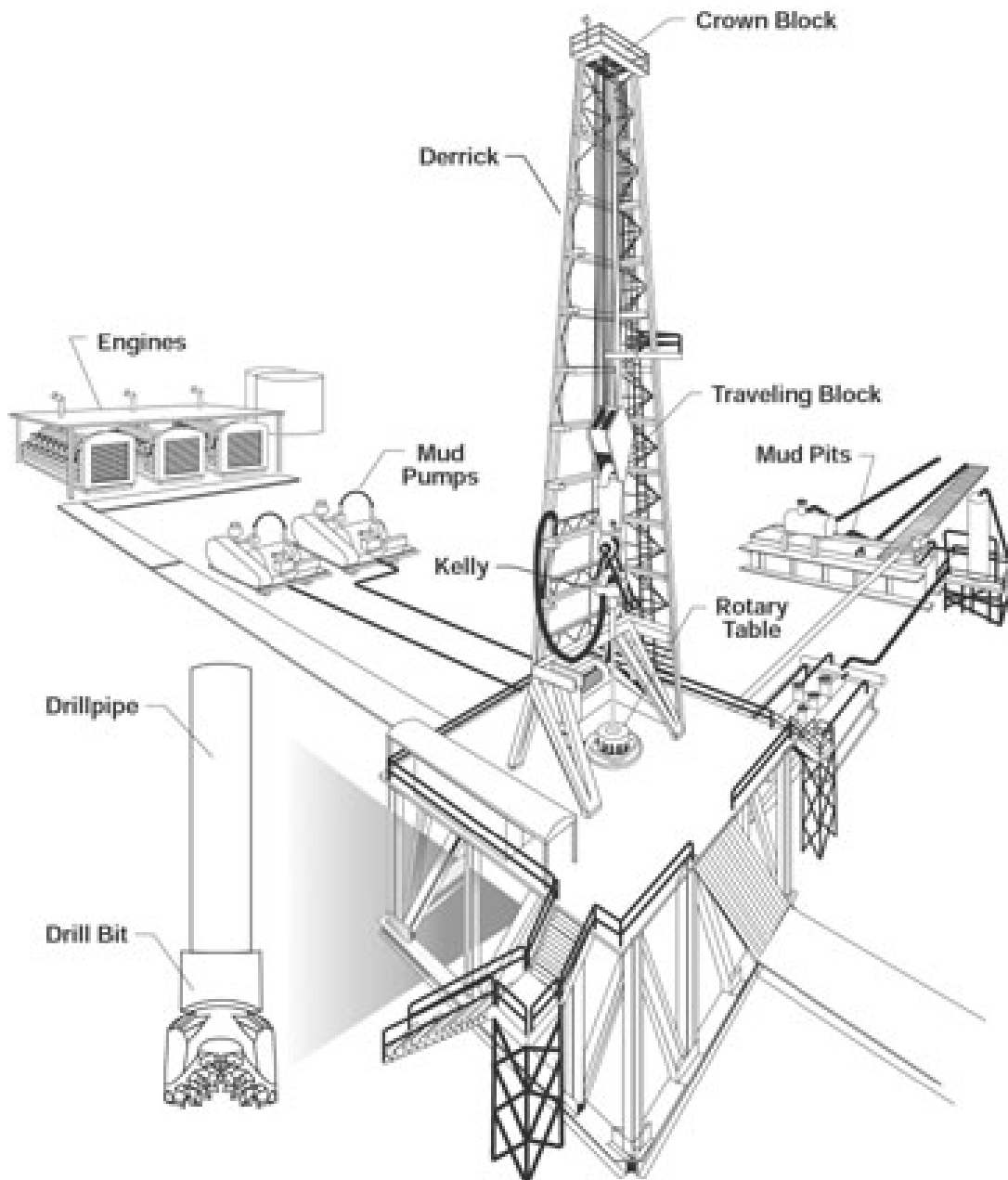


Figura 4-3: Ilustração de uma sonda de perfuração.

2.1. Sistema de Sustentação de Cargas

A coluna de perfuração é composta pela junção de vários tubos de perfuração, tendo em sua extremidade a broca. Estes tubos de perfuração apresentam peso elevado (mais de 100 kg), e como a coluna é composta por dezenas ou centenas destes tubos, o peso a ser suportado quando da descida ou retirada de uma coluna de perfuração é enorme. A função do sistema de sustentação de cargas é suportar e transferir todas as cargas a serem içadas durante a perfuração.

O sistema de sustentação de cargas é composto resumidamente pelos seguintes equipamentos:

- a. *Mastro*: Sustenta o peso das colunas de perfuração e de revestimento, fornecendo também uma altura suficiente para o manuseio dos tubos içados. Durante as manobras², a coluna retirada, que será descida posteriormente no poço, é apoiada no mastro da sonda, em um local chamado de RH, como o funcionário que trabalha neste local é chamado de torrlista, é comum chamar o RH de mesa do torrlista. O mastro da sonda pode ser observado na figura ao lado.



Figura 4-4: Mastro da Sonda.

- b. *Subestrutura*: É responsável por apoiar o mastro e receber as suas cargas. A subestrutura deve permitir um espaçamento entre a superfície e a mesa rotativa, para que possa ser instalado o sistema de segurança de superfície. Na figura 4-4 podemos ver parte da subestrutura (estrutura onde está apoiado o trailer azul). É na área superior da subestrutura onde são conectados os tubos, ancoradas as colunas, entre outras atividades, enfim, onde são realizados boa parte dos trabalhos. Os funcionários que desempenham estas tarefas são chamados de plataformistas.
- c. *Estaleiro*: Espaço da locação reservado para armazenar os tubos a serem utilizados ou substituídos durante a perfuração do poço. Os tubos estaleirados ficam sobre vigas para permitir o seu içamento para a área do mastro.

² Operação realizada quando a coluna de perfuração é retirada do poço e é descida em seguida, como no caso de substituição de brocas.

2.2. Sistema de Movimentação de Cargas

Durante o processo de perfuração é necessário que, à medida que a broca aprofunda na formação, os tubos que forma a coluna de perfuração também tenham *capacidade* de se movimentar, neste caso para baixo. Em situações de retirada da coluna de perfuração, para retirada da broca por exemplo, é necessário que haja um sistema capaz de movimentar esta coluna para cima. O sistema de movimentação de cargas possui exatamente esta função, ou seja, ser capaz de movimentar as cargas (tubos de perfuração e demais acessórios que forem necessários), e é composto pelos seguintes componentes:

- a. *Cabo de Perfuração*: Cabo de aço trançado preso ao guincho em uma extremidade e preso a um carretel contendo cabo novo em outra. É o cabo de perfuração que será enrolado ou desenrolado para permitir a movimentação dos equipamentos móveis.
- b. *Guincho*: O guincho é responsável por enrolar ou desenrolar o cabo de perfuração. O guincho apresenta também um sistema de freios que permite controlar a velocidade com que se faz este (des)enrolamento. A figura 4-5 mostra o cabo de perfuração enrolado no guincho. Este funcionário que aparece na figura é chamado de sondador, e responsável por controlar os parâmetros de perfuração, movimentar a catarina, coordenar os trabalhos dos plataformistas, monitorar os diversos sistemas e variáveis, entre outras atividades.

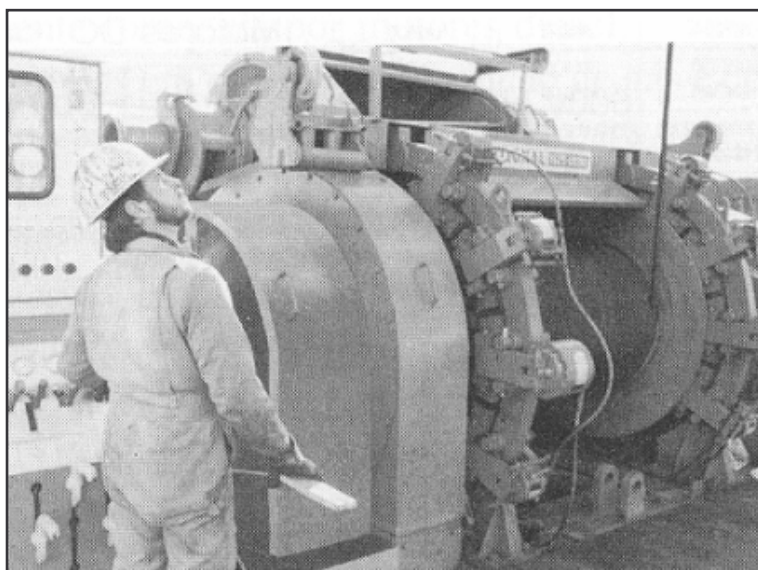


Figura 4-5: Guincho, cabo de perfuração e sondador.

- c. *Bloco de Coroamento*: O bloco de coroamento fica fixo na parte superior do mastro e é formado por um conjunto de polias por onde passa o cabo de perfuração. A figura 4-6 mostra o bloco de coroamento.
- d. *Catarina*: Responsável por sustentar diretamente os tubos a serem descidos no poço e permitir a movimentação para cima e para baixo no mastro. A catarina também é composta por um sistema de polias, porém não é fixa em lugar algum, sendo sustentada pelo cabo de perfuração que passa entre suas polias. A figura 4-7 mostra a catarina.
- e. *Gancho*: Faz a ligação das cargas a serem suspensas à catarina, tendo a função de absorver eventuais choques que possam acontecer. É comum a catarina e o gancho formarem um só conjunto, e assim os trataremos daqui por diante chamando-os apenas de catarina.
- f. *Swivel*: No sistema de movimentação de cargas o swivel é responsável por fazer a ligação entre a catarina e “os tubos de perfuração” que são descidos no poço. A figura 4-8 mostra o swivel.



Figura 4-6: Bloco de Coroamento.



Figura 4-7: Catarina

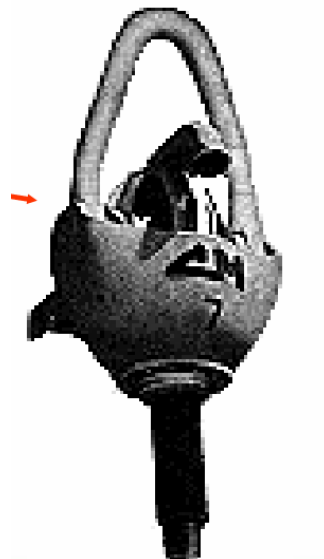


Figura 4-8: Swivel.

Notem que as figuras não estão na mesma escala, assim, a catarina deve possuir cerca de 2,00 metros de altura e o swivel cerca de 0,90 metros.

Estas figuras foram retiradas da apresentação do engenheiro da Petrobras Renato Mansano em palestra proferida à UFSC em Florianópolis em 05 de agosto de 2004, disponível na internet no endereço: http://www.petroleo.ufsc.br/palestras/2004_08_05.pdf, acessado em 11/03/2007.

2.3. Sistema de Rotação

A rotação na broca é fornecida através do sistema de rotação. O sistema usual de transmitir rotação à broca, nas sondas de terra mais baratas (com menores taxas diárias) é através da mesa rotativa. Explicaremos então o sistema de rotação através da mesa rotativa e em seguida veremos quais as outras formas de transmitir rotação à broca. Assim, este sistema é composto pelos seguintes equipamentos.

- a. *Mesa Rotativa*: É o equipamento responsável por gerar o movimento rotativo, transmitindo-o “à coluna de perfuração”. Além de gerar a rotação, a mesa rotativa deve permitir a sua livre movimentação da

“coluna de perfuração” para descida ou retirada de tubos. A mesa rotativa pode ser visualizada na figura 4-9.

- b. *Kelly*: Se verificarmos a figura 4-9 veremos que “a coluna de perfuração” passa por dentro da mesa rotativa, recebendo o seu movimento de rotação, que será transmitido até a broca. Intuitivamente sabemos que seria mais fácil girar um tubo se sua seção fosse quadrada, ao invés de circular. O tubo Kelly possui este formato, trata-se de um tubo com seção quadrada ou hexagonal que recebe a rotação da mesa rotativa e transmite para os tubos de perfuração. Na figura 4-9, o que vemos passando pela mesa rotativa na verdade é o tubo Kelly, e não a coluna de perfuração propriamente dita, por isso as aspas no começo da explicação.



Figura 4-9: Mesa rotativa e tubo Kelly.

- c. *Swivel*: O swivel está ligado diretamente ao kelly em sua parte inferior e, como vimos no sistema de sustentação de cargas, também está ligado à catarina em sua parte superior. O swivel é então responsável também por fazer a ligação entre os elementos girantes (tubo Kelly) e os elementos não girantes (catarina).

...

Outra forma de transferir rotação à coluna de perfuração é a utilização de um equipamento chamado de Top Drive (figura 4-11). O Top Drive é basicamente um motor capaz de gerar a rotação, ficando posicionado abaixo do swivel convencional. Para suportar o torque reacional da rotação da coluna

de perfuração, o Top Drive desliza sobre dois trilhos fixados ao mastro da sonda, conforme pode ser observado na figura 4-10.

Como a rotação gerada pelo motor é transferida diretamente na parte superior da coluna de perfuração, podemos utilizar abaixo do motor diretamente os tubos de perfuração. Assim, o Top Drive dispensa a utilização da mesa rotativa e do Kelly, além de outro equipamento não mencionado anteriormente chamado de bucha do Kelly.

Uma grande vantagem do Top Drive é que, ao ser necessário adicionar mais tubos na coluna de perfuração, podemos adicionar três tubos de uma só vez, diferentemente da perfuração com mesa rotativa quanto podemos adicionar apenas um tubo de cada vez. Isto torna a perfuração mais rápida.

Outra vantagem do Top Drive é a possibilidade de retirar o descer a coluna de perfuração rotacionando a coluna ou circulando fluido de perfuração durante manobras por exemplo. Isto não era possível utilizando a mesa rotativa, e é fundamental para casos de poços altamente inclinados ou horizontais.

Como podemos observar, a utilização do Top Drive traz ganhos para a perfuração, e como consequência, sondas equipadas com Top Drive apresentam taxas diárias mais elevadas. Enquanto que uma sonda de perfuração terrestre utilizando mesa rotativa pode custar em torno de 15.000 US\$/dia, uma sonda com Top Drive custa em torno de 30.000 US\$/dia.

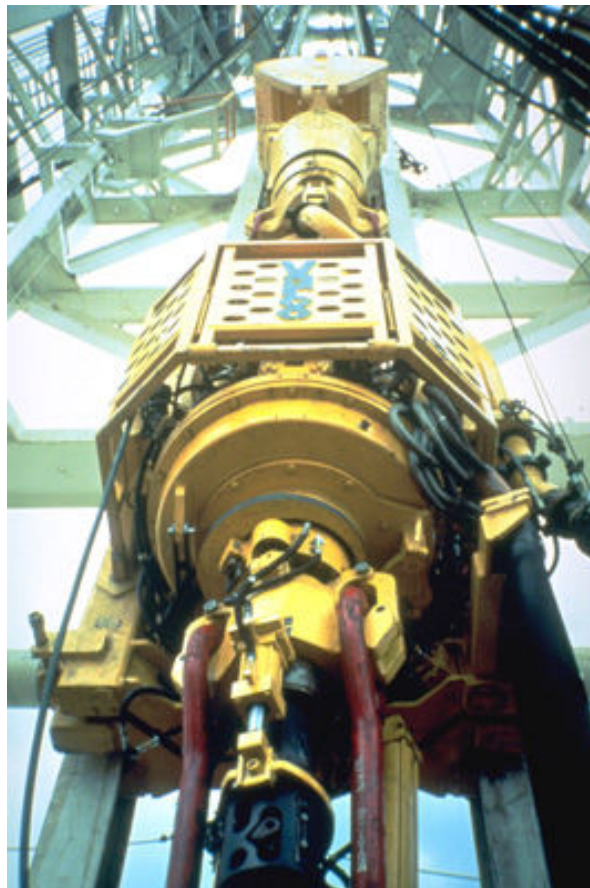


Figura 4-10 - Sistema Top Drive apoiado pela catarina e swivel convencionais.

Outra observação que merece ser feita é que, apesar de o Top Drive ter desempenho superior à mesa rotativa, sondas equipadas com Top Drive apresentam também a mesa rotativa como sistema de backup. Caso haja alguma necessidade de rotacionar a coluna, e o Top Drive não esteja disponível, utiliza-se a mesa rotativa.

...

O método rotativo de perfuração, conforme apresentado no começo deste item, consta em aplicar rotação à broca, para que esta fragmente a rocha. Nos dois métodos apresentados até agora, mesa rotativa e top drive, a rotação era aplicada à coluna de perfuração e esta transmitia a rotação à broca.

Existem situações em que se deseja que apenas a broca gire, ficando a coluna de perfuração submetida apenas ao movimento de subida e descida e a uma rotação mínima necessária à perfuração, diminuindo bastante seu desgaste. Este objetivo é conseguido através da utilização de um equipamento chamado motor de fundo colocado acima da broca, sendo basicamente um motor hidráulico que fornece rotação a partir da passagem do fluido de perfuração pelo seu interior.

A figura 4-11 mostra o motor de fundo acoplado a broca e o sistema de elastômeros que gera a movimento rotativo ao ser atravessado pelo fluido de perfuração.

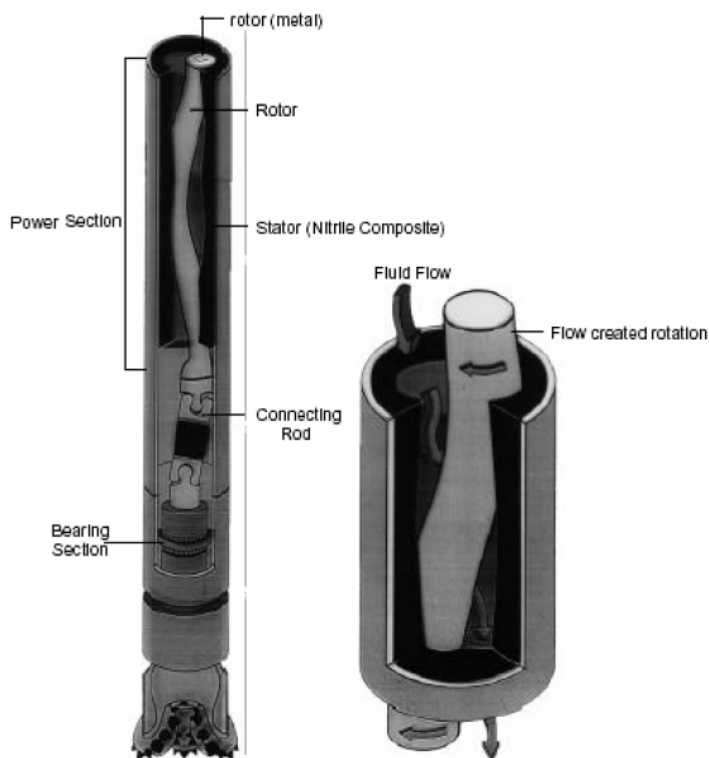


Figura 4-11: Motor de fundo e sistema de elastômeros

Esta figura está disponível em: http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/deq0375/palestra_do_luciano_primeira_parte.pdf.

2.4. Sistema de Circulação de Fluidos

No método rotativo, a remoção dos cascalhos gerados no interior do poço devido à perfuração e fragmentação da rocha é feita juntamente com o retorno do fluido de perfuração, comumente chamado de lama, que é bombeado pelo interior da coluna de perfuração.

Os fluidos de perfuração são armazenados nos tanques de lama e bombeados através das bombas de lama. Saindo da bomba de perfuração se deslocam por tubulações até entrar na coluna de perfuração através do swivel, em sua parte superior que não gira. Como o swivel está conectado ao Kelly, este fluido de perfuração entra na coluna de perfuração e passa a se deslocar pelo seu interior, saindo pela broca e retornando pelo espaço existente entre o poço perfurado e a coluna de perfuração, retornando à superfície.

Os componentes do sistema de circulação de fluidos são então:

- a. *Tanques de Lama*: Responsáveis por armazenar o fluido de perfuração que será injetado na coluna de perfuração.
- b. *Bombas de Lama*: Responsáveis por bombear o fluido de perfuração.
- c. *Tubo Bengala*: Como o swivel está localizado no mastro da sonda em uma altura elevada, é necessário que a tubulação que sai da bomba de lama leve o fluido de perfuração até esta altura. O tubo bengala é um tubo disposto na vertical que leva o fluido de perfuração até a altura do mastro da sonda.
- d. *Swivel*: Como vimos, o swivel é também responsável por permitir a injeção da lama na coluna de perfuração através de uma entrada disponível em sua lateral fixa, chamado de gooseneck.
- e. *Subsistema de tratamento*: Após retornarem pelo espaço anular coluna de perfuração – poço aberto, a lama de perfuração deve ser tratada para poder ser novamente reinjetada no pólo. O subsistema de tratamento é responsável por tratar os fluidos que retornam do poço misturados com os cascalhos perfurados. Este subsistema é composto por peneira vibratória, equipamentos de remoção de sedimentos, e centrífugas.

O sistema de circulação de fluidos pode ser acompanhado na figura 4-12, também obtida através da palestra do engenheiro Renato Mansano, citada anteriormente.

2.5. Sistema de Monitoramento

O sistema de monitoramento é formado basicamente pelo *painel do sondador*. Este painel apresenta informações a respeito dos parâmetros de perfuração como: peso sobre a broca, RPM da mesa rotativa, torques, pressão de bombeio, vazão das bombas, etc. A figura 4-13 mostra uma parte do painel do sondador.



Figura 4-13: Painel do sondador.

2.6. Sistema de Segurança de Poço

O sistema de segurança de poço tem a finalidade de proteger a superfície de eventuais erupções que possam ocorrer durante a perfuração do poço. O sistema de segurança de poço é composto basicamente por dois conjuntos, são eles:

- a. *Cabeça do Poço*: Como veremos em itens posteriores, a perfuração de um poço de petróleo é realizada em diversas fases, quando são descidas as colunas de revestimento. A parte superior do poço, logo acima da superfície, é composta por diversos equipamentos responsáveis pela ancoragem e vedação das colunas de revestimento de superfície, são as chamadas cabeças de

revestimento e cabeça de produção. Estes itens serão melhor apresentados quando estudarmos a parte de completação de poços.

b. *BOP (Blowout Preventer)*: O BOP é um equipamento fundamental para o sistema de segurança de superfície. Sua finalidade é permitir o fechamento do poço em situações de emergência como kicks ou blowouts.

2.7. Sistema de Geração de Energia

A energia necessária para o funcionamento de boa parte destes equipamentos é fornecida através do sistema de geração de energia. Esta energia, geralmente, é fornecida através de motores a diesel. Pode ocorrer, em caso de sondas terrestres, da energia ser fornecida através da rede elétrica local.

3. Coluna de Perfuração

A coluna de perfuração é formada pelo conjunto broca e tubos de perfuração. Em sua extremidade superior liga-se ao tubo Kelly no caso da utilização da mesa rotativa, ou ao motor do sistema Top Drive caso este esteja sendo utilizado.

A coluna de perfuração, além de ser responsável diretamente pela perfuração do poço, através da broca, fornece também o meio para que o fluido de perfuração seja injetado.

Com relação às suas características a coluna de perfuração deve ter resistência suficiente para suportar elevadas solicitações, apresentar certo peso para que possa ser aplicado sobre a broca de forma a auxiliar no processo de perfuração e, além disto, precisa possuir certa flexibilidade para o caso das perfurações direcionais.

Para desempenhar estas funções e possuir estas características, os tubos de perfuração ou as brocas não são todos iguais, conforme veremos nos itens seguintes.

3.1. Tubos de Perfuração

Basicamente temos três tipos de tubos de perfuração, quais sejam: (a) Comandos; (b) Heavy Weight Drill Pipes e (c) Drill Pipes. Praticamente estes

três tipos de tubos são utilizados em uma mesma coluna de perfuração, pois como veremos cada um deles tem uma função específica.

Estes tubos utilizados na perfuração dos poços devem permitir a existência de um canal de fluxo em seu interior para o deslocamento dos fluidos de perfuração. Suas conexões devem ser fáceis de serem realizadas, porém devem apresentar resistência semelhante ao corpo do tubo para não se constituírem pontos fracos na coluna. Assim, seja qual for o tipo de tubo utilizado, todos devem ter estas características.

...

Os comandos (drill collars) são os primeiros tubos acima da broca. São tubos bastante pesados e sua principal função é justamente fornecer peso a coluna de perfuração para que possa ser aplicado o peso sobre a broca requerido no método.

Os comandos são tubos de maior diâmetro que os demais, fabricados em material também mais resistente. Seu corpo é liso e não apresenta saliências nas conexões. A tendência atual é a utilização de comandos espiralados que facilitam o fluxo de fluidos no espaço anular comando-poço aberto e minimiza o risco de prisão de coluna por diferencial de pressão. A figura 4-14 mostra uma ilustração destes tubos.

...

Acima dos comandos são utilizados os tubos pesados, ou heavy weight drill pipes. Estes tubos apresentam um diâmetro inferior aos comandos, mas conexões semelhantes, ou seja, uma extremidade pino, e a outra caixa. O detalhe dos tubos HW é o reforço bastante comum presente no meio do tubo.

A função dos tubos pesados (tubos HW) é formar uma transição de rigidez na coluna de perfuração entre os comandos e os drill pipes que são conectados logo acima deles.

A figura 4-14 mostra a ilustração destes tubos.

...

Os drill pipes são responsáveis por completar a coluna de perfuração desde os tubos pesados (heavy weight) até a altura da mesa rotativa. Os drill pipes são tubos com menor rigidez que os demais e apresentam conexões semelhantes aos demais tubos (pino e caixa).

A figura 4-14 mostra uma foto destes tubos, e a tabela 4-1 mostra um exemplo de uma coluna de perfuração. Observe que nesta tabela não estão descritos os drill pipes, pois se subentende que estes estão conectados acima dos heavy weight e vão até a superfície.



Figura 4-14: Comandos, Tubos Pesados e Drill Pipes, respectivamente.

Tabela 4-1: Exemplo de uma composição de coluna de perfuração.

Equipamento	Especificação	Comp. (m)	Qtde.
HEAVY WEIGHT	HEAVY WEIGHT	101,84	11
JAR	JAR DE PERFURAÇÃO	8,88	1
COMANDO	COMANDO	28	3
SUB	SUB REDUÇÃO	0,83	1
COMANDO	COMANDO	54,57	6
ESTABILIZADOR	ESTABILIZADOR INTEGRAL BLADE	1,68	1
MOTOR DE FUNDO	MOTOR DE FUNDO	7,32	1
BROCA	BROCA TRICÔNICA	0,305	1

3.2. Brocas

Conforme explicado anteriormente, a coluna de perfuração apresenta em sua extremidade a broca. A broca causa a fragmentação da rocha devido ao movimento rotativo que lhe é transferido.

Como o fluido de perfuração deve ser bombeado pelo interior da coluna de perfuração, este fluido deve passar pela broca para seguir o seu caminho para o espaço anular. Assim, as brocas, além de possuírem em seu corpo a estrutura cortante, apresentam também jatos, em geral em número de três, por onde o fluido de perfuração sairá. Em alguns tipos de broca, ao invés de termos jatos, temos que a broca é vazada e apresenta caminhos preferenciais em seu corpo para o escoamento do fluido de perfuração.

Uma das classificações das brocas utiliza o critério da mobilidade de suas partes, assim, temos brocas sem partes móveis e brocas com partes móveis.

- **Brocas sem partes móveis**

As brocas sem partes móveis englobam as brocas integrais de lâmina de aço, praticamente não mais utilizadas na perfuração de poços de petróleo, as brocas de diamantes naturais e brocas de diamantes artificiais, chamadas de brocas PDC.

As brocas de diamantes naturais foram introduzidas na indústria de petróleo para perfurar formações mais duras, sendo ainda utilizadas em brocas especiais para testemunhagem.

As brocas PDC foram introduzidas na indústria como uma alternativa para a perfuração de rochas mais moles, atingindo elevadas taxas de penetração e excelente vida útil.

A figura 4-15 mostra fotos destes tipos de rocha. Nesta figura podemos observar os canais de fluxo na broca de diamante natural e o bico de um dos jatos da broca PDC.

- **Brocas com partes móveis**

As brocas com partes móveis são formadas geralmente por uma estrutura de três cones que giram em torno de um eixo próprio, sendo por isso comumente chamadas de brocas tricônicas. Estas brocas são então formadas por sua estrutura cortante e por seus rolamentos.

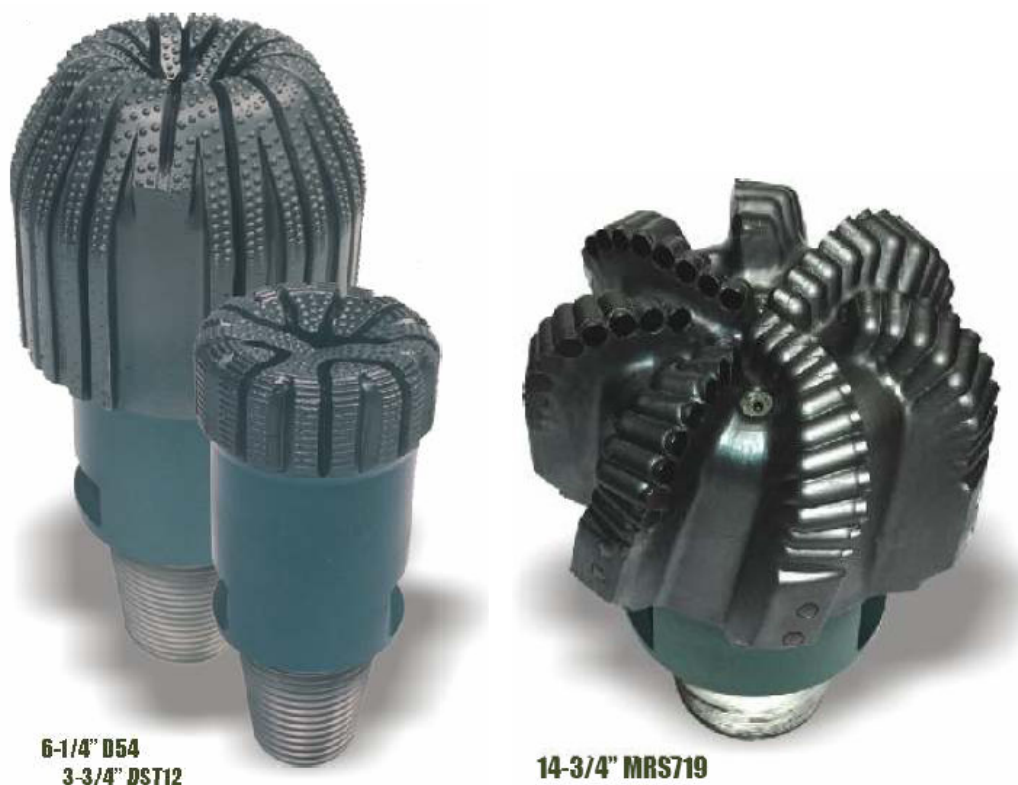


Figura 4-15: Broca de diamante natural e broca PDC, respectivamente.

Em relação á estrutura cortante, estas brocas podem possuir dentes de aço, ou seja, saliências que desempenham o corte moldados no próprio cone, ou podem possuir insertos de carbureto de tungstênio instalados nestes cones.

Assim como as brocas de diamantes, a estrutura cortante determina a aplicação da broca, seja para formações mais duras, ou seja para formações mais moles.

A figura 4-16 mostra um detalhe destas brocas de dentes de aço e de inserto de tungstênio, respectivamente.

Estas fotos foram obtidas através dos sites dos fabricantes de brocas Smith e Chistensen Roder, cujos endereços na internet são: www.smithbits.com e www.roder.com.br.

- **Brocas especiais**

Algumas brocas são desenhadas para finalidades especiais, como por exemplo, brocas para testemunho e brocas alargadoras de poço (figura 4-17). No caso da primeira broca sua finalidade é cortar a rocha de modo a conseguir

retirar uma amostra para a superfície. Já os alargadores são utilizados quando se deseja aumentar o diâmetro de uma fase já perfurada.



Figura 4-16: Brocas de dentes de aço e de inserto de tungstênio, respectivamente.

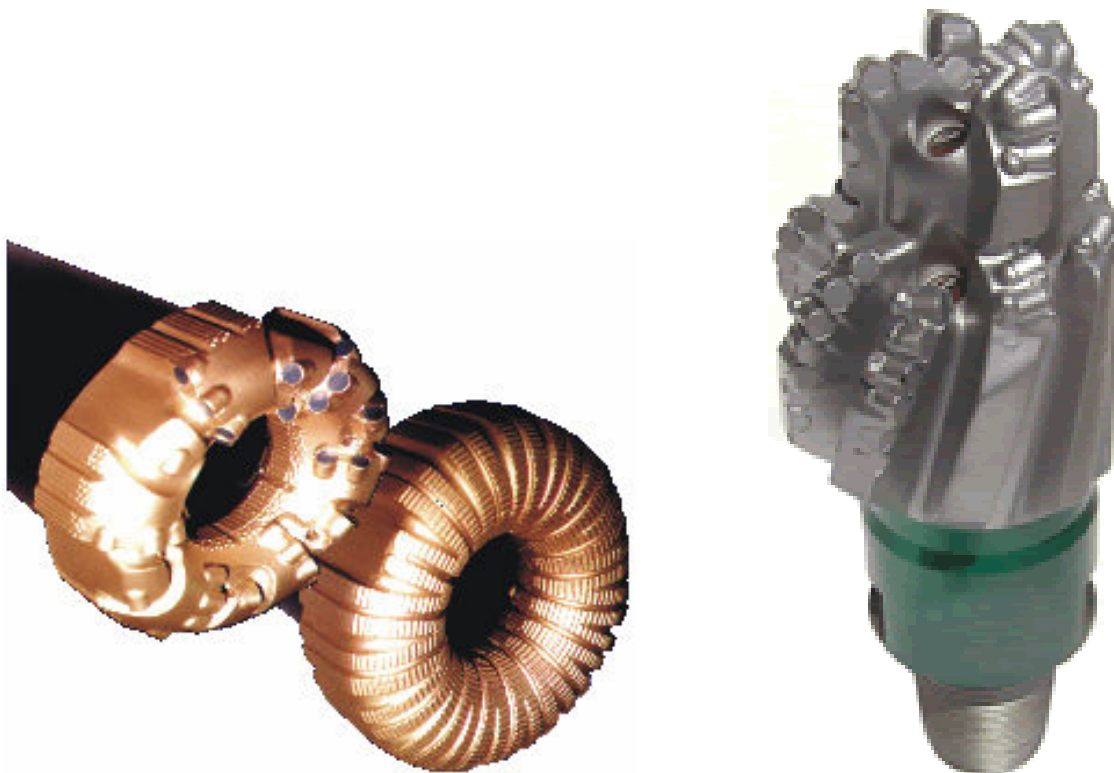


Figura 4-17: Brocas de testemunho e broca alargadora, respectivamente.

Podemos verificar que a escolha da broca correta para se perfurar um poço depende da finalidade que se deseja naquele trecho perfurado, bem como o tipo de formação que se deseja perfurar.

Observe que durante a perfuração de um poço, vários tipos de broca são utilizados, tanto pela variação das formações perfuradas como o diâmetro da fase do poço (veremos mais adiante que um poço é perfurado em vários diâmetros).

4. Fluidos de Perfuração

4.1 Funções dos Fluidos de Perfuração

Já vimos que o método rotativo consta da perfuração das rochas através da rotação de uma broca sobre as suas superfícies, esmerilhando-as e fragmentando-as, sendo estes cascalhos gerados levados à superfície junto com o retorno de um fluido de perfuração bombeado através da coluna de perfuração.

A partir desta explicação sumária do método rotativo já podemos verificar uma das funções dos fluidos de perfuração, qual seja: *“limpar o fundo do poço dos cascalhos gerados pela broca levando-os até a superfície”*.

Analisando ainda este processo rotativo de perfuração, vemos que durante o esmerilhamento da rocha parte da energia dissipada pela broca é convertida em calor. Caso seja utilizada a mesa rotativa ou o top drive para levar a transmitir rotação à broca, esta dissipação de energia ocorre ainda em toda a extensão da coluna de perfuração devido a seu atrito e arraste nas paredes do poço. Para minimizar este efeito, *outra função dos fluidos de perfuração é resfriar e lubrificar a broca e a coluna de perfuração*.

Lembrando que os fluidos presentes nos poros das rochas atravessadas estão sobre alta pressão, chamada de pressão de poros, e que ao perfurarmos o poço criamos um caminho entre estas rochas e a superfície, temos que a tendência destes fluidos presentes nas rochas é de se deslocarem para dentro do poço e migrarem para a superfície. Esta situação só não irá ocorrer caso a pressão dentro do poço seja superior a pressão de poros, e esta é outra função dos fluidos de perfuração. *Assim os fluidos de perfuração têm a função de exercer uma pressão hidrostática em frente às rochas perfuradas de forma a*

evitar o fluxo de fluidos indesejáveis para dentro do poço e evitando o desmoronamento de suas paredes.

Um importante conceito foi apresentado no parágrafo anterior. Chamamos de *kick* o fluxo indesejado de fluidos para dentro do poço. Quando este fluxo de fluidos ocorre de forma descontrolada chamamos de *blowout*. Apesar de não serem desejados, a ocorrência de kicks é relativamente freqüente na perfuração de poços, principalmente em poços exploratórios. Contrariamente, a situação extrema do blowout não é tão freqüente e pode ter conseqüências catastróficas.

4.2 Características dos Fluidos de Perfuração

Para que os fluidos de perfuração, comumente chamados na indústria do petróleo de lamas de perfuração, desenvolvam as funções citadas acima e outras funções desejadas são necessárias determinadas características, assim o fluido de perfuração deve, entre outras coisas:

1. Ser bombeável;
2. Possuir capacidade de manter os cascalhos em suspensão mesmo quando o bombeamento for suspenso;
3. Estabilizar as paredes do poço;
4. Não causar reações nas formações atravessadas, ou danos às rochas produtoras;
5. Apresentar massa específica suficiente (peso) para evitar fluxos para dentro do poço;
6. Não causar corrosão aos equipamentos;
7. Permitir a separação e a interpretação dos cacalhos retornados à superfície.

A bombeabilidade é requisito básico para o fluido de perfuração, visto que é o seu fluxo contínuo através da coluna de perfuração e retorno pelo anular coluna de perfuração x poço que faz com que parte das funções citadas no item anterior sejam possíveis.

...

A segunda característica apresentada é de fundamental importância para o prosseguimento da perfuração dos poços em caso de paradas de bombeio. Imaginem que nestas situações, caso fluido de perfuração não

tivesse capacidade de manter os cascalhos suspensos, haveria uma rápida deposição destes cascalhos sobre a broca, e em boa parte da coluna de perfuração. Isto certamente causaria sérios problemas para a retirada desta coluna, podendo causar até mesmo a perda do poço.

...

Com relação à estabilização das paredes do poço, este é outro requisito para prosseguir a perfuração, visto que, caso haja o desmoronamento das paredes do poço sobre a coluna de perfuração e broca, poderá ocorrer a situação descrita no parágrafo anterior, ou seja, a impossibilidade de retirar a coluna de perfuração do poço e conseqüentemente a perda deste.

...

Ainda durante a perfuração do poço, vários tipos de rochas (formações) são atravessadas. O fluido de perfuração, ao entrar em contato com estas formações deve reagir o mínimo possível com estas rochas. Exemplificando, é comum a presença de argilas que, caso o fluido de perfuração não seja bem dimensionado, podem inchar em sua presença. Este fenômeno chamado de inchamento de argila é um exemplo de reatividade não desejada durante a perfuração dos poços, e para que não ocorra adicionam-se ao fluido aditivos inibidores de inchamento. Além da reatividade com as formações atravessadas, é desejado que o fluido não contamine as formações produtoras, ou seja, as formações portadoras de hidrocarbonetos, a fim de não causar dano ao poço.

...

Com relação ao peso do fluido (massa específica) é necessário que seu valor seja suficiente para, ao atravessar as formações, cause um diferencial de pressão positivo no sentido poço – formação. Exemplificando podemos adotar o seguinte exemplo: (a) caso estejamos perfurando um poço a 2000 metros de profundidade e cuja pressão de poros da formação nesta profundidade seja de 2500 psi, podemos calcular a massa específica mínima do fluido de perfuração para que a pressão dentro do poço seja superior a pressão de poros, assim temos:

$$\begin{aligned}P_{Hidrostática} &= 0,17 \times \rho \times h \\2500 &\leq 0,17 \times \rho_{Min} \times 2000 \\ \rho_{Min} &\geq 7,35 \text{ lb/gal}\end{aligned}$$

Logicamente, como não é desejado que haja a ocorrência de kicks, procura-se perfurar com uma margem de segurança, considerando assim para o peso mínimo do fluido uma pressão superior a pressão de poros esperada da formação.

4.3 Propriedades dos Fluidos de Perfuração

Para que os fluidos desenvolvam as funções requeridas, apresentando as características desejadas, é fundamental que suas propriedades físicas e químicas seja ajustadas. Há várias propriedades dos fluidos de perfuração importantes para a perfuração de poços, no nosso estudo destacaremos: massa específica, reologia e força gel, e parâmetros de filtração.

- **Massa Específica**

Conforme vimos nos cálculos do item anterior, a massa específica é importante para impedir a ocorrência de fluxo indesejado de fluidos para dentro do poço. A massa específica do fluido de perfuração é definida como sendo a massa do fluido por unidade de volume, geralmente expressa em lb/gal (ppg). O seu valor deve estar dentro de certo intervalo, sendo o menor valor determinado pela pressão de poros esperada, impedindo assim a ocorrência de kicks, como vimos anteriormente.

O maior valor para a massa específica do fluido de perfuração também é definido em função das propriedades das formações a serem atravessadas. Neste caso a pressão que vai limitar o valor da massa específica é a pressão de fratura da formação. A pressão de fratura é definida como sendo a pressão que causa o rompimento da rocha, fraturando-a.

Desta forma, ao calcularmos o peso do fluido que iremos utilizar, consideramos que seu valor deverá ser alto o suficiente para impedir a ocorrência de kicks (relacionando-o com a pressão de poros), porém deve ficar abaixo do valor que causa a fratura da formação (relacionando-o com a pressão de fratura).

Quando se deseja aumentar o peso de um fluido de perfuração utiliza-se baritina, uma argila de elevada massa específica (densidade de 4,25). Quando

se deseja diminuir o peso, dilui-se o fluido de perfuração adicionando mais a fase líquida.

- **Reologia e Força Gel**

A reologia de um fluido está relacionada com o seu comportamento quando em repouso e movimentação. Por exemplo, fluidos ditos newtonianos, como a água, apresentam a mesma resistência ao fluxo independente de estar em repouso ou em movimento, e ainda independentemente da velocidade deste movimento. Assim, dizemos que nos fluidos newtonianos a sua viscosidade é constante, estando a viscosidade associada a resistência de um fluido ao movimento. Desta forma, podemos dizer que a água apresenta menor resistência ao movimento do que um gel de cabelo, por exemplo.

O fluido de completção deve apresentar um comportamento bastante peculiar. Quando o fluido estiver em movimento, é interessante que ele apresente a menor resistência ao fluxo possível, para que possamos exigir menos das nossas bombas, semelhante á água do nosso exemplo. Porém, quando o fluido estiver parado, é interessante que ele apresente a maior resistência ao fluxo possível para que os cascalhos que ele carrega permaneçam em suspensão e não se depositem sobre a broca e ao redor da coluna de perfuração, semelhante ao gel do nosso exemplo.

Assim, de acordo com o exemplificado no parágrafo anterior, o fluido de perfuração não pode apresentar comportamento semelhante aos fluidos ditos newtonianos, que apresentam o mesmo comportamento em repouso ou em movimento. Desta forma, os parâmetros reológicos do fluido de perfuração devem permitir que ele se comporte como o esperado. Assim, os fluidos de perfuração são ditos tixotrópicos, ou seja, se liquefazem quando em movimento e retornam ao estado quase rígido quando em repouso, sendo este parâmetro relacionado com a força gel.

Para aumentar ou diminuir a viscosidade de um fluido de perfuração utiliza-se um aditivo chamado bentonita (um tipo de argila). Caso deseje diminuir o seu valor utiliza-se aditivos que absorvem as partículas de bentonita equilibrando o fluido.

• **Parâmetros de Filtração**

Devido ao diferencial positivo de pressão utilizado na perfuração no sentido poço – formação, e também devido à diferença de concentração de determinados sais, há constante processo de filtração de fluido para o interior das formações.

Os sólidos em suspensão presentes no fluido de perfuração, de acordo com seus diâmetros, terminam por não conseguir entrar na formação, formando uma fina camada de sólido na parede do poço, chamada de reboco. A formação do reboco diminui a velocidade desta filtração, contribuindo também para a estabilidade das paredes do poço.

Com relação à parcela líquida do fluido de perfuração que penetra na formação, chamada de filtrado, esta pode causar danos à formação, diminuindo a sua permeabilidade, obstruindo os seus poros e alterando a sua capacidade de produção. Caso a formação seja sensível à este filtrado, pode haver o fenômeno de inchamento dos folhelhos hidratáveis, causando redução do diâmetro do poço (caliper) e podendo causar até mesmo prisão da coluna de perfuração, o que gera perda de tempo e em caso extremo a perda do poço.

Desta forma, os parâmetros de filtração devem ser controlados, e há testes específicos para determinar seus valores e o comportamento do fluido quanto à filtração.

4.4 Classificação dos Fluidos de Perfuração

Os fluidos de perfuração são compostos por uma fase líquida (dispersante) e uma fase sólida (disperso). A classificação de um fluido de perfuração é feita de acordo com o tipo de fase líquida, assim, de uma forma geral temos fluidos base água ou fluidos base óleo.

Os fluidos base óleo, devido ao custo inicial e o risco de poluição, são menos utilizados na indústria, apesar da crescente utilização de fluidos sintéticos.

Para a obtenção das características desejadas para os fluidos de perfuração adicionam-se a esta fase dispersante os aditivos sólidos ou líquidos. Estes aditivos sólidos constituem a fase dispersa.

5. Revestimento de Poços

Durante a perfuração de poços atravessamos várias formações, e como vimos no item anterior, o fluido de perfuração deve ser dimensionado de acordo com as características das formações que ele entra em contato. Assim, pode ocorrer que um fluido dimensionado para as formações perfuradas não atenda os requisitos de uma nova zona a ser perfurada, e não possa ser modificado em função das zonas já atravessadas. Então, o que fazer nestas situações?

Em situações como esta, é necessário proteger as formações já atravessadas para que o fluido possa ser modificado e ao mais entre em contato com elas. Para atingirmos este objetivo fazemos o que se chama de revestir o poço.

Os tubos de revestimento são tubos de aço especial, de diâmetro variando comumente entre 30" e 5 ½", com comprimento de cerca de 9 a 10 metros e espessura da parede variando entre ¼" e 1". Estes tubos podem ser conectados uns aos outros através de roscas, soldas ou encaixe, sendo estas duas últimas conexões mais comuns em tubos de maior diâmetro. É a conexão destes tubos que formará a coluna de revestimento necessária para revestir o poço perfurado, sendo a quantidade de tubos utilizados variando de acordo com o comprimento final da coluna de revestimento a ser descida.

Após a descida da coluna de revestimento, uma nova etapa é necessária para que seja garantido o isolamento das formações a serem protegidas. Esta etapa é a cimentação, e consta de preencher o espaço anular coluna de revestimento – poço aberto com pasta de cimento, que após endurecido formará uma barreira, juntamente com o revestimento, protegendo o trecho perfurado.

Depois de revestido e cimentado a parte do poço cujas formações devem ser protegidas, podemos voltar a perfurar utilizando o novo fluido dimensionado, por exemplo. Caso tenhamos que novamente proteger as novas

formações expostas, revestimos e cimentamos a parte que perfuramos. E assim prosseguimos até atingir a profundidade de interesse.

Como sempre descemos uma broca no interior do revestimento anteriormente descidos, temos que um poço é perfurado em vários diâmetros, e vários revestimentos são descidos. A estes vários diâmetros que perfuramos chamamos de fase e o revestimento das fases perfuradas pode ter ainda as seguintes funções:

- *Prevenir o desmoronamento do poço:*
- *Evitar a contaminação da água potável dos lençóis freáticos:*
- *Proteger as formações de fluidos e pressões não compatíveis:*
- *Sustentar os equipamentos de segurança de cabeça de poço e as outras colunas de revestimento:*

Com relação à suas características, os revestimentos devem prioritariamente suportar os esforços atuantes, ser resistente a corrosão e à abrasão e ter dimensões compatíveis com critérios técnicos e econômicos.

Notem que ao final da perfuração do poço, este será composto por diversas colunas de revestimento, e isto será o poço. Ou seja, os revestimentos devem ser bem dimensionados, pois eles constituirão o acesso da superfície ao reservatório, sendo fixos e definitivos em toda a vida do poço. A figura 4-18 mostra um esquema de um poço perfurado, mostrando o diâmetro e profundidade do poço aberto e o diâmetro e profundidade do revestimento descido. Neste caso, temos uma lâmina d'água de 1120 metros, os dados obtidos desta figura são:

Fase	Poço Aberto		Revestimento	
	Profundidade (m)	Diâmetro da Broca	Profundidade (m)	Diâmetro
1	-	-	1164	30"
2	2194,00	17 ½"	2186	13 3/8"
3	3223,00	12 ¼"	3119,00	9 5/8"
4	3818,00	8 ½"	3800,00	7"

Considerando a ordem de descida da coluna de revestimento, e a sua função, podemos classificar os revestimentos em quatro tipos: condutor, de superfície, intermediário e de produção.

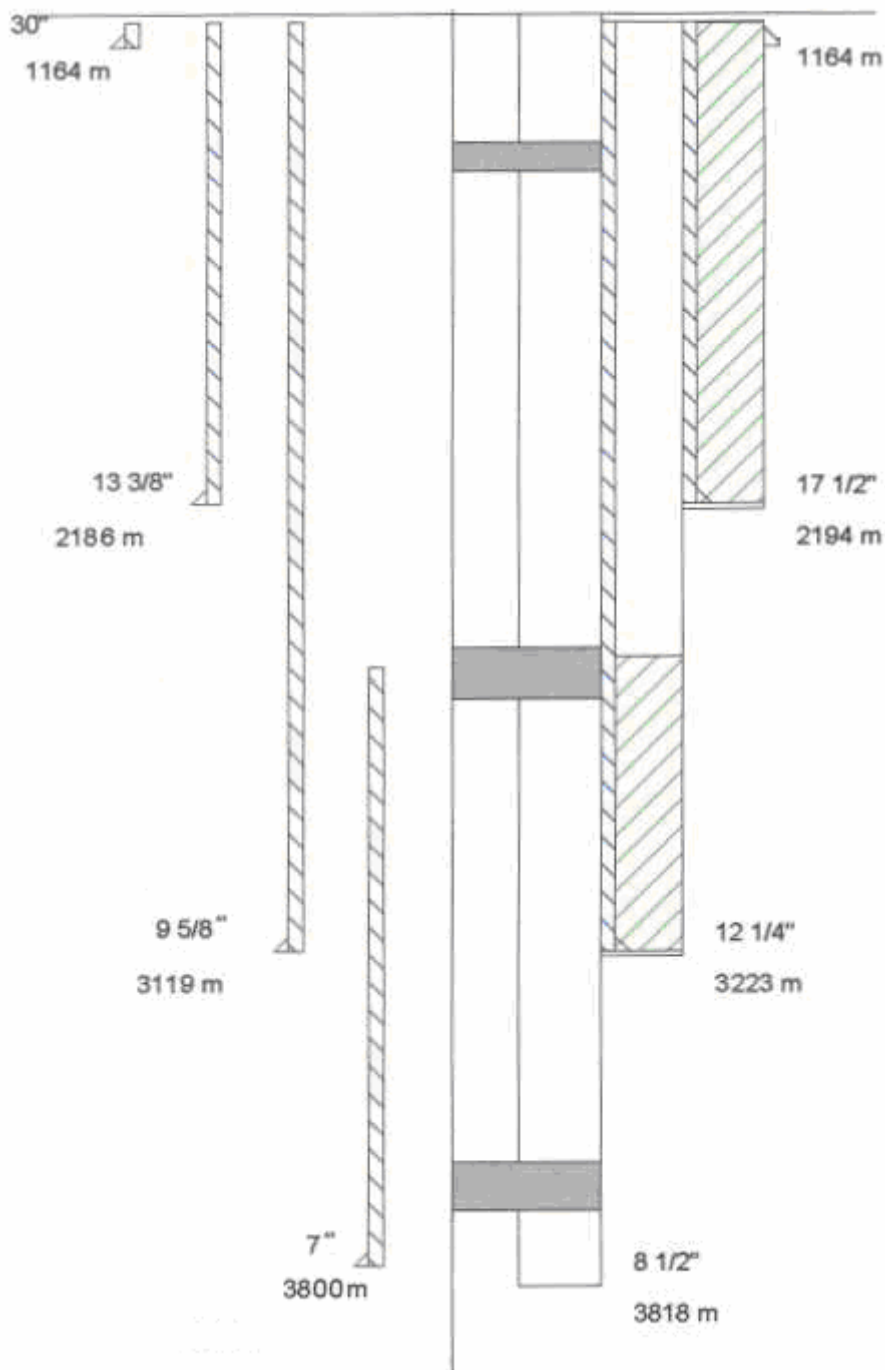


Figura 4-18: Esquema de Revestimentos de um poço de petróleo

O revestimento condutor é o primeiro revestimento descido no poço, sua função é conter os sedimentos de superfície. Desta forma, sua “profundidade de assentamento” é cerca de 20 a 50 metros, e seu diâmetro varia entre 30” e

13 3/8". Em terra, este o revestimento condutor é geralmente cravado no solo, e no mar é assentado por jateamento.

O revestimento de superfície, seguinte ao revestimento condutor, tem comprimento variando entre 100 e 700 metros, é o revestimento seguinte ao condutor e tem a função de conter as formações inconsolidadas, proteger aquíferos, e servir como sustentação para os demais revestimentos descidos no poço, conforme veremos na parte de completação. Este revestimento deve ser cimentado até a superfície e seus diâmetros variam entre 20" e 9 5/8".

O revestimento de produção é aquele que faz a ligação da superfície até as formações portadoras de hidrocarbonetos, permitindo que o poço produza de forma segura após equipado na fase de produção. Sua profundidade de assentamento varia de acordo com a profundidade da zona produtora, e seus diâmetros típicos estão entre 9 5/8" e 5 1/2".

O revestimento intermediário é descido sempre que é necessário proteger alguma zona intermediária, seja por condições de pressão, presença de fluidos agressivos, necessidade de modificação do fluido de perfuração, entre outras condições. Este revestimento é descido, portanto, entre o revestimento de superfície e o revestimento de produção, podendo nem mesmo existir caso tais condições descritas não ocorram. Seus diâmetros variam entre 13 5/8" e 7".

No caso do esquema da figura 4-18 temos o seguinte esquema de revestimento:

Esquema de Revestimento		
Tipo	Profundidade (m)	Diâmetro
Condutor	1164	30"
Superfície	2186	13 3/8"
Intermediário	3119,00	9 5/8"
Produção	3800,00	7"

Profundidade da LDA: 1120 metros.

6. Cimentação

A cimentação do revestimento descido é necessária para que haja o isolamento entre o espaço anular poço aberto – revestimento de forma a

garantir a proteção desejada para as formações e impedir o deslocamento de fluidos por este espaço.

A cimentação consta do bombeio de uma pasta de cimento pela própria coluna de revestimento, sendo esta deslocada para o espaço anular até a altura desejada. Depois da pega do cimento (endurecimento) já se pode iniciar a perfuração de uma nova fase, caso seja necessária.

O cimento utilizado na indústria do cimento é o cimento Portland, semelhante ao utilizado na construção civil, porém com características especiais para a finalidade desejada, ambiente em que será utilizado e solicitações à que será submetido. A este cimento, durante a fabricação da pasta que será bombeada para o poço, são adicionados aditivos com finalidades específicas, como aceleradores ou retardadores de pega, adensantes, dispersantes ou controladores de filtrado.

Em relação aos aspectos operacionais, apesar do cimento ser bombeado diretamente através da coluna de revestimento, deve ser tomado alguns cuidados no sentido de evitar a contaminação da pasta de cimento por fluido de perfuração, presente no poço após a descida da coluna de revestimento, e garantir o preenchimento prioritariamente do espaço anular coluna de revestimento – poço aberto, deixando o mínimo necessário de cimento dentro da coluna de revestimento. Para que estes objetivos sejam atingidos, utilizam-se alguns acessórios na coluna de revestimento para auxiliar a cimentação.

Desta forma, analisaremos primeiramente estes acessórios e posteriormente veremos como se processa a cimentação de um poço.

5.1 Acessórios de cimentação

Para nosso estudo, os principais acessórios utilizados na cimentação são: sapata, colar e tampões. Veremos brevemente a função de cada um destes acessórios, localizando-os na coluna de revestimento, e em seguida citaremos outros acessórios utilizados.

A sapata é colocada na extremidade da coluna de revestimento, semelhante a posição da broca na coluna de perfuração. Sua função é servir de guia para o revestimento que será descido, absorvendo os choques

provenientes desta descida. A sapata é feita geralmente de material menos resistente, pois será cortada durante a perfuração da fase seguinte. Esta sapata pode possuir uma válvula de retenção cuja função é impedir o fluxo de fluidos no sentido ascendente.

O colar é posicionado cerca de dois tubos acima da sapata e tem a função de reter os tampões que serão deslocados durante o bombeio da pasta de cimento. Assim como a sapata, pode possuir uma válvula que impede o fluxo no sentido ascendente, sendo chamado de colar flutuante.

Os tampões são cilindros de borracha com diâmetro igual à coluna de revestimento descida. Durante a cimentação utilizam-se dois tampões: (a) o tampão de fundo, vazado em seu interior, mas fechado na parte superior e inferior, e (b) o tampão de topo, rígido em toda a sua extensão.

Os demais acessórios são centralizadores de revestimento, arranhadores para remover o reboco e obturadores externos de revestimento, utilizados quando se deseja fazer uma cimentação em vários estágios.

5.2 Seqüência Operacional da cimentação

A seqüência operacional de uma cimentação primária consiste basicamente do bombeio de fluidos (colchões e pasta de cimento) e de tampões. Vejamos resumidamente e simplificadaamente como se processa:

1. Bombeia-se inicialmente um volume de fluido com o objetivo de limpar o revestimento e auxiliar na remoção do reboco melhorando a aderência do cimento. Este volume de fluido chama-se colchão de lavagem.
2. Após o bombeio do colchão de lavagem lança-se o tampão de fundo.
3. Bombeia-se em seguida a pasta de cimento, com volume calculado para revestir o espaço anular revestimento – poço aberto até a altura desejada.
4. Lança-se em seguida o tampão de topo.

5. Desloca-se este tampão, e conseqüentemente a pasta de cimento, o tampão de topo e o colchão de lavagem, com o fluido de deslocamento, que pode ser fluido de perfuração.

Analisando a disposição destes fluidos na coluna, teremos a situação apresentada na figura 4-19 (Halliburton, 2007). Onde teremos, de baixo para cima: sapata guia (guide shoe), centralizadores (centralizer), colar flutuante (float collar), tampão de fundo (bottom plug), pasta de cimento (cement slurry), tampão de topo (top plug), fluido de deslocamento (displacement fluid).

Assim a pasta de cimento é deslocada entre os tampões até a o tampão de fundo topar no colar. O acréscimo de pressão rompe a parte superior e inferior deste tampão permitindo a passagem da pasta de cimento, que passa a se deslocar para o anular até a chegada do tampão de topo. Quando este topa do tampão de fundo, há o acréscimo da pressão na bomba, indicando o final da operação. Neste momento, a pasta bombeada se deslocou para o anular e o interior do revestimento está praticamente cheio de fluido de perfuração.

Basta agora apenas aguardar o endurecimento do cimento para prosseguir as operações.

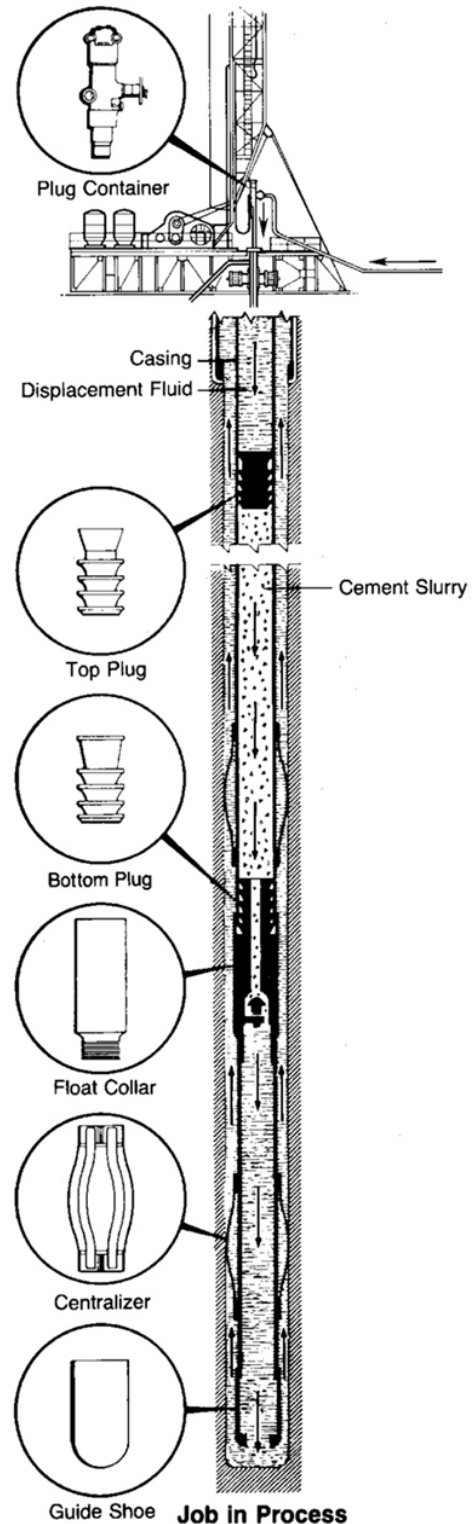


Figura 4-19: Esquema da Cimentação

PRODUÇÃO ONSHORE E OFFSHORE

PERFURAÇÃO (BREVE RESUMO)

A perfuração de um poço de petróleo é realizada através de uma sonda, uma grande estrutura que contém diversos equipamentos responsáveis pela elevação do petróleo.

Na perfuração rotativa, as rochas são perfuradas pela ação da rotação e peso aplicados a uma broca existente na extremidade de uma coluna de perfuração.

Os fragmentos da rocha são removidos continuamente através de um fluido de perfuração ou lama.

O fluido é injetado por bombas para o interior da coluna de perfuração através da cabeça de injeção, ou **swivel**, e retorna à superfície através do espaço anular formado pelas paredes do poço e a coluna.

Ao atingir determinada profundidade, a coluna de perfuração é retirada do poço.

O anular entre os tubos do revestimento e as paredes do poço é cimentado com a finalidade de isolar as rochas atravessadas pela broca, 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.

Do exposto, percebe-se que o poço é perfurado em diversas fases, caracterizadas pelos diferentes diâmetros das brocas.

PERFURAÇÃO (BREVE RESUMO)

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.

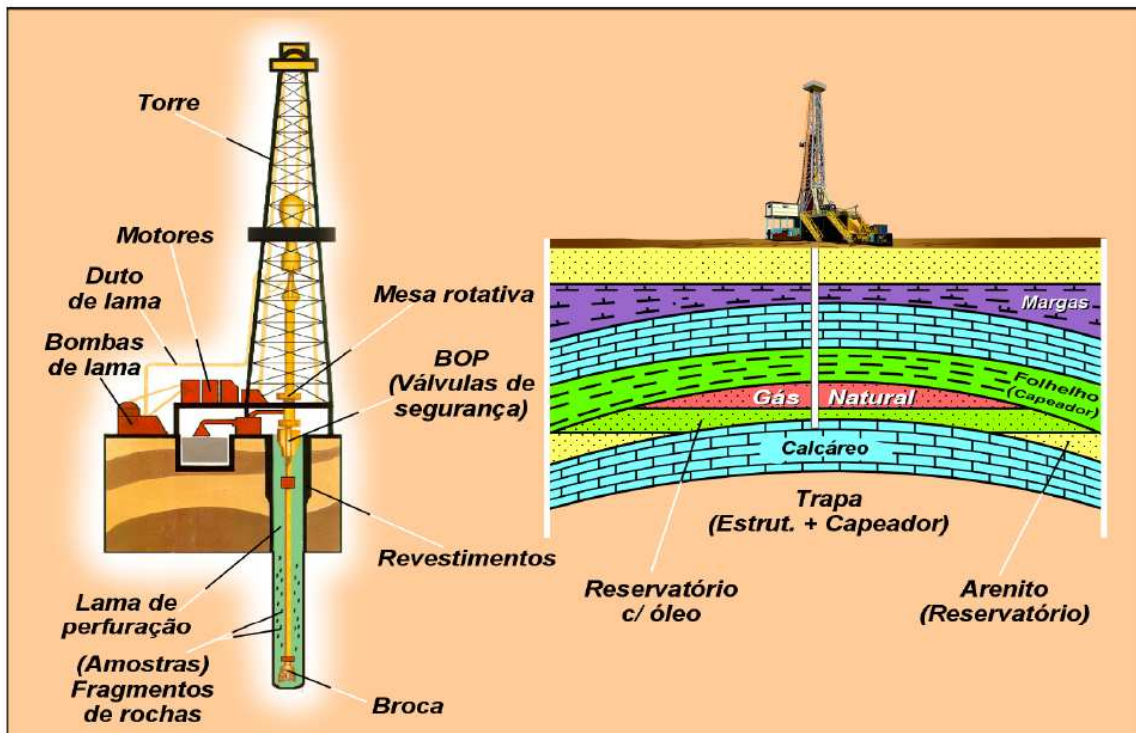
Do exposto, percebe-se que o poço é perfurado em diversas fases, caracterizadas pelos diferentes diâmetros das brocas.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Produção em Terra (ONSHORE): primeiro sistema a ser desenvolvido, com custos menores e engenharia menos complexa em relação à exploração submarina.

Produção no Mar (OFFSHORE): custos elevados, com tecnologia sendo um limitante para águas ultra-profundas.

Sonda de Perfuração Terrestre e Esquema Geológico



SONDA DE PERFURAÇÃO MARÍTIMA (POSICIONAMENTO DINÂMICO – DP)

Para a perfuração de poços, são utilizadas as plataformas fixas, as semi-submersíveis (ancoradas ou com posicionamento dinâmico) e os navios sonda.

A principal característica de uma sonda de posicionamento dinâmico (DP) é o fato de ela operar sem a necessidade de sistemas de ancoragem.

O seu posicionamento é mantido através de um sistema de controle dinâmico via satélite que determina a cada instante as coordenadas da embarcação (GPS).

Caso a sonda se desloque de sua posição original, o sistema de controle aciona propulsores (thrusters) de tal forma que a sonda é reposicionada em seu set-point.

Os sistemas de posicionamento dinâmico são utilizados principalmente em semisubmersíveis e navios de perfuração, geralmente em águas profundas e/ou locais onde o fundo do mar já está congestionado por linhas submarinas. O Perigo encontra-se em lançar novas linhas de ancoragem.

Taxa diária de aluguel : 150.000,00 até 1500 mts e + 200.000,00 para profundidades maiores.

FLUIDO DE PERFURAÇÃO (LAMA DE PERFURAÇÃO)

O fluido de perfuração pode ser à base de água, à base de óleo, à base sintética ou pneumática, pode ser “engrossado” com diversos materiais, como casca de coco, serragem ou pode ser uma mistura de fluidos.

A principais funções do fluido de perfuração são: sustentar a parede do poço, resfriar a broca de perfuração, carrear os cascalhos criados pela broca, fazer a fluidização dos sólidos durante a ausência de bombeio, lubrificar a coluna de perfuração e prevenir hidratação de formações reativas e danos à formação produtora.

BLOW-OUT

Blow-out é o fluxo descontrolado de fluidos da formação para a superfície, devido ao desbalanceamento entre a pressão hidrostática da lama de perfuração ou fluido de completação e a pressão da formação.

Para se evitar um **blow-out**, é necessário realizar um rigoroso controle de pressão hidrostática do poço, para assegurar que ela sempre seja um pouco mais alta do que a pressão no interior da formação. Com isto, os fluidos da formação não podem sair descontroladamente.

Por outro lado, a pressão no poço não pode ser muito mais alta do que no interior da formação para evitar que o fluido de perfuração entre na formação, danificando a mesma.

O controle da pressão no poço é feito através do ajuste da densidade do fluido de perfuração que é injetado no mesmo.

Torna-se também necessária a verificação do volume de fluido de perfuração que retorna para os tanques.

Caso o volume que retorna seja maior do que o volume de fluido injetado, verifica-se que a formação está expulsando fluido do poço.

Este fenômeno é chamado de **kick** e é um aviso da possibilidade de ocorrer um **blow-out**. Outra medida preventiva é assegurar que o **Blow-out Preventer (BOP)** é mantido em bom estado e em perfeitas condições de operação, para ser utilizado em caso de descontrole do poço.

Em caso de **blow-out** é necessário realizar intervenções para retomar o controle do poço.

Normalmente isso é feito através do uso de técnicas que permitam a injeção de fluidos no poço, de forma que a pressão fique novamente maior do que a pressão da formação, impedindo a saída de seus fluidos.

Em poços terrestres, pela maior facilidade de acesso à cabeça do poço, a intervenção direta no poço é a técnica mais indicada para o combate aos **blow-outs**, pois possibilita maior rapidez no controle e, conseqüentemente, menor custo.

Já em cenários de poços submarinos em água profunda, a utilização de poços de alívio (**kick wells**) é a técnica mais confiável para combate de **blow-outs**.

Poços direcionais são perfurados para atingir o poço com **blow-out** em pontos pré-determinados e permitir a injeção dos fluidos para controlá-lo.

**BLOW-OUTS
(EXEMPLOS REAIS)**





(Alaska - 1988)



(Southeast Ásia - 1989)



(Kawai – 1991)



(Piper Alpha - 1988)

Observação: Algumas fotos, como a **Piper Alpha**, referem-se a acidentes que ocorreram na indústria de petróleo, não sendo casos de **BLOW-OUTS** necessariamente.

Referências

HALLIBURTON. **Petroleum Well Construction**