

Brocas de Perfuração

Fernando Soares da Silva*
Gabriel José Pires Soares**
Rodrigo Silva de Andrade***

Resumo

Com a perfuração em lâminas d'água ultraprofundas e poços direcionais e horizontais cada vez mais longos, o tempo de manobra se torna alto, o que influencia no custo total da operação de perfuração. Com isso, surge a preocupação e a necessidade da escolha correta das brocas de perfuração. Hoje em dia, existe uma grande diversidade de brocas de diferentes fabricantes disponíveis. Nosso objetivo é mostrar um pouco dessas brocas de perfuração.

Palavras-chave: Brocas. Perfuração. Tipos.

Brocas de perfuração

Histórico

A técnica de perfuração por percussão para extração de água, sal e gás foi utilizada na China, no período de 1122 a 520 a.C. O sistema se baseava no princípio de alavanca, no qual o tronco de madeira era posicionado sobre uma forquilha de madeira cravada no solo. De um lado do tronco amarrava-se uma corda, com que se pendurava a ferramenta de percussão, e de outro se aplicava a força propulsora humana.

O sistema evoluiu no ocidente para o chamado Spring Pole, o qual utilizava um tronco de madeira verde apoiado numa forquilha, e cravado no solo em uma das extremidades. Na extremidade livre eram amarrados estribos para a tração humana, juntamente com a corda e ferramenta de percussão. A vantagem desse sistema sobre o anterior foi a utilização da energia potencial elástica da viga submetida a um carregamento alternado de flexão, durante o processo de percussão da ferramenta no fundo do poço.

O início e a sustentação do processo de busca com crescente afirmação do produto na sociedade moderna datam de 1859, quando foi iniciada a exploração comercial nos Estados Unidos, logo após a célebre descoberta do Cel. Drake, em Tittusville, Pensilvânia, com um poço de apenas 21 metros de profundidade perfurado com um sistema de percussão movido a vapor, que produziu 2 m³/dia de óleo. Descobriu-se que a destilação do petróleo resultava em produtos que substituíam,

com grande margem de lucro, o querosene obtido a partir do carvão e óleo de baleia, que eram largamente utilizados para iluminação. Estes fatos marcaram o início da era do petróleo.

Até o final do século passado os poços se multiplicaram e a perfuração com o método de percussão viveu o seu período áureo. Neste mesmo período, entretanto, começa a ser desenvolvido o processo rotativo de perfuração. Em 1900, no Texas, o americano Anthony Lucas, utilizando o processo rotativo, encontrou óleo a uma profundidade de 354 metros. Este evento foi considerado um marco importante na perfuração rotativa e na história do petróleo.

Nos anos seguintes a perfuração rotativa se desenvolve e progressivamente substitui a perfuração pelo método de percussão. A melhoria dos projetos e da qualidade do aço, os novos projetos de broca e as novas técnicas de perfuração possibilitam a perfuração de poços com mais de 10.000 metros de profundidade (SANTANA, 2010).

Escolha da Broca

A seleção correta da ferramenta a ser utilizada, habilita o operador a produzir um trabalho racional, que lhe permita, no final, auferir lucro, dentro das condições do equipamento disponível. Todavia, tal seleção, até certo ponto, tem sido feita de modo quase aleatório.

Visando melhorar a sistemática de definição da broca, devem-se analisar as seguintes informações: o desenho da broca, as brocas usadas, o perfil geológico de poços vizinhos e as correlações entre o comportamento da broca, as condições geológicas e a execução da operação de perfuração. Desses fatores, o mais significativo são as brocas usadas, pois os seus aspectos podem traduzir as condições operacionais a que estiveram sujeitas, permitindo a correção na próxima broca.

O comportamento de uma broca é medido pela sua velocidade de penetração e pela metragem total obtida, sendo a sua vida útil determinada por uma ou mais das seguintes ocorrências:

* Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense – campus Campos–Centro.

** Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense – campus Campos–Centro.

*** Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense – campus Campos–Centro.

- Os dentes se gastam, não permitindo a sua atuação na rocha;
- As laterais se desgastam, reduzindo o diâmetro da broca, produzindo um poço menor, podendo acarretar a prisão da broca seguinte;
- Os rolamentos da broca se gastam, podendo resultar na queda dos cones no fundo do poço;
- Os pinos se partem ou se deformam, pelo efeito continuado do excesso de peso aplicado sobre a broca, dureza da rocha e condições abrasivas da lama de perfuração (SANTANA, 2010).

Este trabalho tem como foco o estudo das brocas rotativas utilizadas na perfuração de poços de petróleo nos dias de hoje. Por meio da apresentação dos tipos de brocas existentes, com suas características específicas e particularidades, serão mostrados critérios para que o processo de perfuração seja seguro e com o menor custo possível (PLÁCIDO e PINHO, 2009).

Classificação

Uma das atividades mais caras, senão a mais cara de todo o processo da cadeia produtiva da indústria petrolífera, a perfuração de um poço de petróleo é algo que demanda investimento volumoso, um tempo curto, e uma chance de sucesso quase que de 50%, no melhor dos casos, diga-se de passagem.

Nesse contexto de riscos, e altos investimentos para a perfuração de um poço de petróleo, a broca de perfuração é peça além de fundamental, deve ser muito bem escolhida na fase da perfuração, pois há tipos diferentes de brocas, para ocasiões diferentes e para perfurar diferentes camadas rochosas.

A seguir vamos entender melhor como funciona esse equipamento tão importante da perfuração.

As brocas têm por objetivo, promover a ruptura e desagregação das formações rochosas, sendo necessário para isso um estudo considerando sua economicidade, e seu desempenho.

As brocas são divididas em dois tipos básicos: brocas sem partes móveis e com partes móveis (SANTANA, 2010).

Brocas sem partes móveis: É um tipo de broca que, por não possuir partes móveis e rolamentos, diminui a possibilidade de falha.

Rabo de peixe

Broca integral de lâmina de aço – conhecida como rabo de peixe (*fish tail*), foi a primeira a ser utilizada na perfuração, por cisalhamento, e sua estrutura cortante possui vida útil muito curta e praticamente não são mais utilizadas, conforme mostra a Figura 1 (SANTANA, 2010).

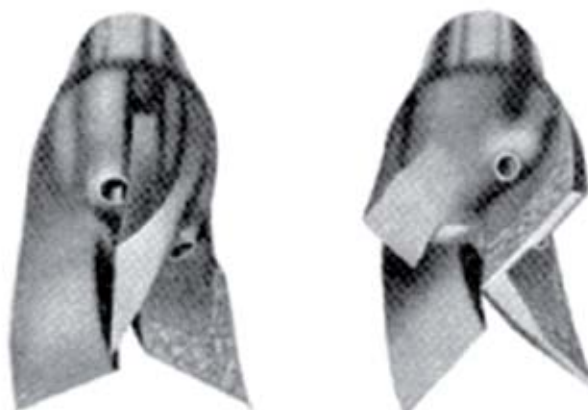


Figura 1 - Brocas Rabo de Peixe

Diamantes naturais

Brocas de diamantes naturais perfuram por esmerilhamento, e antigamente eram usadas em formações que a *fish tail* não conseguia perfurar (aí a necessidade de estudar qual broca tem melhor desempenho em determinada camada). Hoje são usadas em testemunhagem e em formações extremamente duras e abrasivas. As brocas com estrutura cortante de diamantes naturais constam de um grande número de diamantes industrializados fixados em uma matriz metálica especial, conforme mostra a Figura 2 (SANTANA, 2010).



Figura 2 - Brocas de Diamantes

Brocas PDC

Brocas PDC (Polycrystalline Diamond Compact): no final da década de 70, foram lançadas as brocas de diamantes sintéticos (diamantes artificiais). A estrutura de corte é formada por pastilhas ou compactos montados sobre bases cilíndricas, instaladas no corpo da broca. Perfuram por

cisalhamento, por promoverem um efeito de cunha, a pastilha é composta por uma camada fina de partículas de diamantes aglutinados com cobalto, fixada a outra camada composta por carbureto de tungstênio. As brocas PDC foram introduzidas para perfurar formações moles com altas taxas de penetração e maior vida útil, em formações duras o calor gerado durante a perfuração destrói a ligação entre os diamantes e o cobalto. Mais à frente foram desenvolvidos os compactos TSP (*Thermally Stable Polycrystalline*), que por não possuírem cobalto, resistem mais ao calor, conforme a figura 3 (SANTANA, 2010).

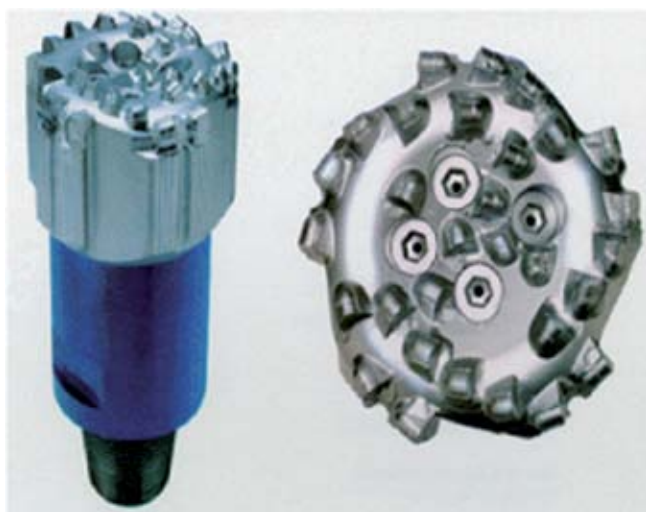


Figura 3 - Brocas PDC

É importante lembrar que há alguns fatores que afetam o desgaste das brocas, como: abrasividade da deformação, peso sobre a broca, rotação, vibração e ação de limpeza e resfriamento dos fluidos.

Brocas com partes móveis: Possuem estruturas cortantes e rolamentos, podem ter de um a quatro cones, sendo as mais utilizadas as tricônicas pela sua eficiência e menor custo inicial em relação às demais. Na figura 4 temos modelos de brocas com partes móveis (SANTANA, 2010).



Figura 4 – Brocas Tricônica

Estruturas Cortantes

Os elementos que compõem a estrutura cortante são fileiras de dentes montados sobre o cone que se interpõe entre a fileira dos dentes dos cones adjacentes, quando se aplica a rotação à broca.

Quanto à estrutura cortante, são divididas em: Brocas de dentes de aços e Brocas de insertos.

A ação da estrutura cortante das brocas tricônicas envolve a combinação de ações de raspagem, lascamento, esmagamento e erosão por impacto dos jatos de lama.

Nas brocas projetadas para rochas moles, o efeito de raspagem é predominante; em rochas duras, cuja taxa de penetração é baixa e os custos de perfuração tendem a ser altos, o mecanismo de esmagamento provou ser o mais adequado (SANTANA, 2010).

Quadro Comparativo

Quadro 1 - Principais características das brocas

	Draga	Diamante	PDC	Tricone (dentes de aço)	Tricone (insertos)
Partes Móveis	Não	Não	Não	Sim	Sim
Tipo de Corte	Raspa	Esmerilha	Raspa	Arranca	Esmaga
Formação	Mole	Média/Dura	Mole/Dura	Mole/Dura	Média/Dura

Cisalhamento x Fraturamento x Esmerilhamento

Para cada rocha ou grupo de rochas existe um tipo de broca adequado, pois é com base nas propriedades físicas das formações existentes que as brocas são projetadas e construídas. Então, é imprescindível o prévio conhecimento das formações a serem perfuradas, para que se possa escolher a broca de desenho mais compatível com o tipo de rocha, cuja destruição é promovida pelos dentes da broca de três maneiras diferentes.

Cisalhamento - a broca produz a raspagem das rochas, que aliada a uma torção, saca o material raspado, removendo-o da área de ação do dente. O efeito é maior em rochas moles, diminuindo com o aumento da dureza, até que não mais ocorre em rochas duras. Para a produção deste efeito, o eixo dos cones, sobre os quais os dentes estão montados, não passa pelo centro da broca.

Fraturamento - a broca trabalha provocando o efeito de fratura nas rochas, que aliado também à torção, limpa o material fraturado. As brocas para rochas duras produzem este efeito e, neste caso, os eixos das superfícies cônicas, tendem a coincidir com o centro da broca.

Esmerilhamento - O efeito da broca, causado na rocha, é de abrasão e por isto requer uma superfície de contato recoberta por um material mais duro que a rocha. As brocas de diamante são exemplos deste tipo de broca e são usadas para formações muito duras ou abrasivas.

Pelo modo de ação das brocas, conclui-se que para formações duras, os dentes devem ser fortes (base maior que altura) e numerosos na montagem sobre os cones, não sendo necessário que sejam afiados, pois a penetração se dá por efeito pela compressão exercida. Inversamente, para rochas brandas, os dentes devem ser longos, espaçados e afiados, permitindo maior penetração na rocha e maior eficiência, sem a necessidade de muito peso.

Como as características das rochas são variadas, é compreensível que existam brocas de durezas intermediárias, que combinam os desenhos mencionados de acordo com os tipos de formação. Cada fabricante apresenta vários tipos de brocas para atender a todas as necessidades. (Santana, 2010)

Avaliação Econômica

Embora representem apenas uma fração do custo total do equipamento, as brocas são um dos

elementos mais críticos para se calcular o aspecto econômico da perfuração. O custo de uma broca de diamante pode ser várias vezes mais alto do que o de uma broca tricônica de dentes de aço ou de insertos; logo só se justifica seu uso com base em seu rendimento. Com fim de avaliar seu desempenho, têm-se usado vários parâmetros de comparação como: o custo da broca, velocidade de perfuração, comprimento de seção perfurada, etc. A utilização destes parâmetros como indicadores de rendimento poderiam ser apropriados somente em casos que as operações especiais não o justifiquem.

O objetivo é obter o menor custo de perfuração sem colocar em risco as operações cumprindo as especificações de perfuração e observando as restrições que possam existir.

O método mais aceita hoje em dia é o custo por metro. Para seu cálculo, usa-se a seguinte equação:

$$C = \frac{B + R(T + T_m + T_c)}{M}$$

Onde:

C= custo por metro perfurado (\$/m)

B= custo da Broca (\$)

R= custo de operação da sonda de perfuração (\$/h)

T= tempo de perfuração (h)

T_m= tempo de manobra (h)

T_c= tempo de conexão (h)

M= metros perfurados pela broca (m)

O tempo de conexão (T_c) é calculado da seguinte maneira: divide o comprimento perfurado (M) por 9,30m que é o comprimento padrão de tubos de perfuração, em caso de utilização de *top drive*, se conectam três tubos por vez. Com a operação anterior, calcula-se o número de conexões; posteriormente, multiplica-se pelo tempo unitário de conexão. Este é variável de acordo com a experiência dos operadores, do equipamento utilizado e das condições de operação.

Para determinar o tempo de manobra, como uma prática de campo, se utiliza a seguinte fórmula:

$$T_m = 0,004(h / m) \times \text{Pr of. (m)}$$

O fator 0.004 representa um tubo de perfuração viajando 1000 m em quatro horas, novamente, isto depende da experiência dos operadores, da sonda de perfuração e das condições de operação.

A equação do custo por metro de perfuração é válida para qualquer tipo de broca, incluindo as

de diamante. A fórmula pode ser usada ao se terminar uma seção de perfuração usando dados reais da operação para calcular o custo por metro de perfuração ou utilizada antes do início da operação, assumindo valores para se calcular o custo. A fórmula pode ser usada para se comparar custos usando brocas de diamante contra brocas tricônicas ou comparar as vantagens econômicas de tipos diferentes de brocas de diamante.

O custo previsto por metro perfurado para uma broca proposta só deve ser comparado com o custo real de outras brocas empregadas para perfurar a mesma região sob condições similares de perfuração. Os poços que se usa para fazer comparações são os poços vizinhos, ou poços de correlação (*offset*).

Quando se propõe a utilizar brocas de diamante onde se costuma utilizar brocas tricônicas convencionais, é mais útil utilizar uma análise conhecida como “break even”. O ponto de “break even” se refere simplesmente aos metros perfurados e às horas requeridas para igualar o custo por metro que se pode obter para um poço em particular se não tivesse sido usada uma broca de diamante (PLÁCIDO e PINHO, 2009).

Conclusão

Como vimos, a escolha do melhor tipo de broca a ser usada em uma perfuração envolve um grande estudo. A forma que elas são trabalhadas influencia na escolha do tipo de broca e conseqüentemente no custo-benefício da operação desejada.

Não podemos dispensar nenhum conhecimento, tais como, catálogos das brocas existentes no mercado, tipos de cortadores, tamanho e sua densidade, tipo de formação e seus fabricantes. Também se deve ter conhecimentos de geologia e litologia das rochas, análise dos registros geofísicos de poços vizinhos, dados sísmicos da área, entender as características e propriedades dos fluidos de perfuração e hidráulica e equipamentos necessários e disponíveis, além de fazer análise da evolução do desgaste das brocas previamente empregadas, rendimentos obtidos nos poços vizinhos e históricos de perfurações.

Entendendo o estudo que passa do poço até a broca, pode-se chegar a um critério de escolha de brocas para uma determinada operação de perfuração desejada. A correta escolha da broca que satisfaça todos os requisitos da operação, acarretará o menor custo de perfuração possível com o máximo de metros de formação perfurado com segurança.

Referências

PLÁCIDO, J. C. R. , PINHO, R. – Apostila - Brocas de Perfuração de Poços de Petróleo. 2009.

SANTANA, H. Trabalho Prático – Brocas de Perfuração E&P, Universidade Santa Cecília. 2010.