

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

JONAS ESPIGARES SANCHES

**DESAFIOS NA COMPLETAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO
E SEUS MÉTODOS**

Taubaté – SP

2017

JONAS ESPIGARES SANCHES

**DESAFIOS NA COMPLETAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO
E SEUS MÉTODOS**

Trabalho de graduação apresentado ao
Departamento de Engenharia, da
Universidade de Taubaté para obtenção do
Título de Engenheiro Mecânico.
Orientador: Msc. Ivair Alves dos Santos

Taubaté – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

S211d Sanches, Jonas Espigares
Desafio na completação de poços de petróleo e seus métodos. / Jonas Espigares Sanches. - 2017.

42f.: il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2017
Orientador: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Completação. 2. Poços de petróleo. 3. Petróleo. I.
Título.

JONAS ESPIGARES SANCHES

DESAFIOS NA COMPLETAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO E SEUS MÉTODOS

Trabalho de graduação apresentado no departamento de Engenharia da Universidade de Taubaté para obtenção do Título de Engenheiro Mecânico.
Orientador (a): M. Ivair Alves dos Santos

Data: 19/10/2017

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

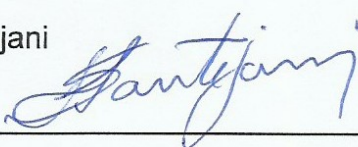
Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

Universidade de Taubaté

Assinatura: 

Prof. Me. Fábio Santejani

Universidade de Taubaté

Assinatura: 

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Msc. Ivair Santos e Msc. Fábio Santejani, pela impecável orientação, paciência, confiança e incentivo atribuído ao desenvolvimento tanto na minha formação acadêmica quanto como pessoa.

À Universidade de Taubaté e Professores, que forneceram todos os recursos e conhecimentos necessários para a minha formação e para realização deste trabalho.

À minha família e amigos que sempre e deram força e motivação.

À minha namorada, companheira Thátyla que esteve comigo nos meus momentos mais difíceis.

E principalmente aos meus Pais Rosa e Edson, que sem eles eu não seria nada e nem ninguém, sem o esforço e exemplo deles eu não chegaria até aqui.

“Se não puder se destacar pelo talento, vença pelo esforço. ”
(DAVE WEINBAUM)

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma visão geral da fase de Completação de um poço de petróleo. Abordando os diferentes tipos de completção, explicando de forma clara os principais equipamentos e suas características utilizados nesse conjunto de operações tanto em terra como no mar. Também é apresentado nesse neste trabalho as técnicas mais utilizadas em águas profundas, devido os desafios inerentes das recentes descobertas de novos reservatórios de hidrocarbonetos, dando ênfase nesta área que tem como objetivo o aumento do número de operações em mar com lâminas maiores que 3 mil metros. Com o aumento da profundidade, surgem efeitos como a baixa temperatura, alta pressão, dentre outros fatores que levam a condições cada vez mais propícias a problemas de operações. Este estudo traz o entendimento da complexidade de um poço de hidrocarboneto considerando os aspectos de segurança, técnico / operacional e econômico utilizando a metodologia de pesquisa descritiva oriundas de materiais de concursos e procedimentos técnicos específicos de empresas do ramo.

Palavras-chave: completção; poços; petróleo.

ABSTRACT

The objective of this work is to present an overview of the Completion phase of an oil well. Addressing the different types of completion, clearly explaining the main equipment and its characteristics used in this set of operations both on land and at sea. Also presented in this work are the techniques most used in deep waters, due to the inherent challenges of the recent discoveries of new hydrocarbon reservoirs, emphasizing in this area the objective is to increase the number of operations in sea with blades greater than 3 thousand meters. As the depth increases, there are effects such as low temperature, high pressure, among other factors that lead to increasingly favorable conditions for operations problems. This study brings the understanding of the complexity of a hydrocarbon well considering the safety, technical / operational and economic aspects using descriptive research methodology derived from tender materials and specific technical procedures of companies in the industry.

Keywords: completeness; Wells; oil.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Métodos de completação
- Figura 2 - Tipos de completação
- Figura 3 - BOP
- Figura 4 - Condicionamento do poço
- Figura 5 - Tubo telado Premium
- Figura 6 - Tela premium Expansível
- Figura 7 - Tubo telado; *Gravel*; Revestimento;
- Figura 8 - Má cimentação
- Figura 9 - Ferramenta acústica para perfilagem CBL/VDL
- Figura 10 - Carga moldada (*shaped charge*)
- Figura 11 - Desenvolvimento do jato em uma carga moldada.
- Figura 12 - Canhoneio *underbalance*
- Figura 13 - Danos por *overbalance*
- Figura 14 - Canhoneio em extreme *overbalance*
- Figura 15 - ANM

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOP (*Blow Out Preventer*)

VDL (*Variable Density Log*)

CET (*Cement Evaluation Log*)

TSR (*Tubing Seal Receptacle*)

ANM (Arvore de Natal Molhada)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo	13
1.2	Justificativa	14
1.3	Delimitação	14
1.4	Estrutura do Trabalho	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	Posicionamento da Cabeça do Poço.....	15
2.2	Revestimento de Produção	15
2.2.1	Poço aberto.....	16
2.2.2	Liner canhoneado ou rasgado.....	17
2.2.3	Revestimento canhoneado.....	17
2.3	De Acordo Com Número de Zonas Explotadas	18
2.3.1	Simple.....	18
2.3.2	Seletiva.....	18
2.3.3	Dupla.....	19
2.4	Completação Para Poços Com Bombas	19
2.5	Etapas de completação	19
2.6	Instalação de Equipamentos de Superfície	20
2.7	Condicionamento do poço	21
2.8	Sistemas de Contenção de Areia	23
2.8.1	Tubo Telado Premium	23

2.8.2	Tubos Telados Expansíveis.....	24
2.8.3	Gravel – Pack.....	24
2.9	Avaliação da Qualidade da Cimentação.....	25
2.9.1	Perfis Sônicos (CBL / VDL).....	26
2.9.2	Perfil Ultrassônico (CEL).....	27
2.10	Canhoneio	27
2.10.1	Cargas Explosivas	29
2.10.2	Tipos de canhoneio	30
2.11	Instalação da Coluna de Produção.....	33
2.12	Colocação do Poço em Produção	34
2.13	Árvore de Natal Molhada (ANM).....	35
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	Classificação dos Métodos de Pesquisa	36
3.1.1	De acordo com a abordagem.....	36
3.1.2	De acordo com o objetivo.....	36
3.1.3	De acordo com os procedimentos técnicos	37
3.2	Procedimento.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5	CONCLUSÃO	42
	REFERENCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Pode-se classificar a fase de completção de poços de petróleo como um conjunto de operações e processos realizados no poço desde o momento que a broca de perfuração atinge a base da zona produtora do reservatório. Ela tem a função de equipar o poço para a produção, com a instalação de todos os acessórios e equipamentos que permitirão toda a operação com toda segurança necessária do projeto, deixando-o pronto para a produção dos fluidos desejados.

Quando se trata de segurança, o poço exige ao menos dois dispositivos de segurança durante o seu uso. Com um sistema independente que possui uma certa confiabilidade, formado por um conjunto de elementos, capaz de manter o controle do fluxo de fluidos. Os dois dispositivos devem ser independentes - portanto, se houver a falha de um desses dispositivos, a mesma não pode comprometer a outra, garantindo a segurança e controle do poço.

Quanto ao assunto técnico e operacional, deve-se proporcionar a completção com o objetivo de maximizar a vazão de produção com o máximo de segurança possível sem danificar o reservatório, para que pouca ou nenhuma intervenção seja necessária até o fim da produção.

Dependendo do tipo de completção escolhida, a configuração final do campo de produção é oriunda de um processo de melhoria que envolve diversas variáveis, como por exemplo: o número e o posicionamento dos poços, dimensões dos tubos de produção, posicionamento da unidade de produção flutuante (navio ou plataforma), modelo de ancoragem, instalação, perfil de produção desejado, necessidade e métodos de elevação e escoamento, etc.

1.1 Objetivo

O principal objetivo desse estudo é analisar quais são os obstáculos e métodos da completção de poços de petróleo, preparação do poço para a comunicação com o reservatório e a iniciação da produção, tendo como variáveis os tipos de configurações de poço, sistemas de filtragem e cimentação.

1.2 Justificativa

Investigar os desafios e as dificuldades de instalação de equipamentos num poço de hidrocarboneto, verificando a viabilidade no uso das técnicas e equipamentos. Isso contribui principalmente para uma obtenção do produto desejado com a maior segurança e rendimento possível, a fim de otimizar o processo e diminuir custos: com formas incorretas de pressurização, uma vez que pode se fraturar o reservatório ou ter uma baixa vazão do mesmo; estabilidade do poço; otimização da seleção do fluido desejado; retrabalho, entre outros custos.

1.3 Delimitação

O estudo será realizado com ênfase em poços submersos *OFF SHORE* situados em lâmina d'água de aproximadamente 3 mil metros. Mas em alguns casos citados, a situação abrange também poços em terra *ON SHORE*.

1.4 Estrutura do Trabalho

A estrutura deste trabalho se divide em:

O capítulo 1 apresenta um resumo do contexto estudado apresentando de forma geral sobre o que se trata uma operação desse porte e sua suma importância;

O capítulo 2 aborda a revisão bibliográfica com os principais conceitos e características das condições e configurações de completação de um poço de hidrocarboneto;

O capítulo 3 explica metodologia utilizada e o tipo de dados coletados;

O capítulo 4 traz os resultados e discussões obtidos através desse estudo;

2 REVISÃO DA LITERATURA

No presente capítulo serão apresentadas as características de diferentes equipamentos de completção de um poço de hidrocarboneto, além de conceitos e técnicas aplicadas em diferentes situações.

2.1 Posicionamento da Cabeça do Poço

Garcia (1997), diz que o posicionamento da cabeça do poço está diretamente relacionado com a área de produção, ou seja, terra ou mar. Com isso, obtemos importantes diferenças da forma como se é completado o poço, principalmente no que se refere ao tipo de equipamento (arvore de natal) a ser utilizado.

No mar tem-se duas situações distintas. Na primeira, em águas mais rasas, é economicamente mais vantajoso trazer a cabeça do poço para a superfície e realizar a completção seca ou convencional. Nesta situação, a cabeça do poço é apoiada numa plataforma fixa que, por sua vez, é apoiada no fundo do mar (GARCIA, 1997).

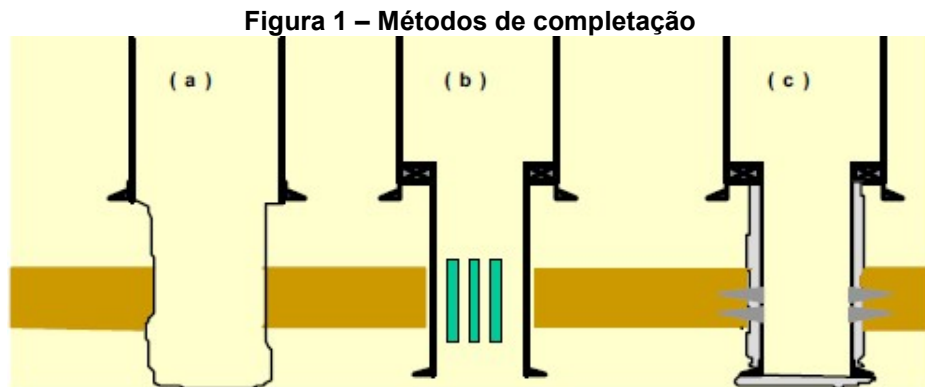
Conforme Garcia (1997), na situação de águas mais profundas seria inviável a instalação na superfície, pois equipa-se o poço com a Árvore de Natal molhada (ANM). São usados para o serviço de completção navios-sonda de posicionamento dinâmico ou plataformas semi-submersíveis.

2.2 Revestimento de Produção

Podem ser efetuados os métodos para completção discutidos a seguir. Tais métodos têm como referência as características da poço-formação, utilizada em uma situação específica e podendo variar de acordo com cada característica de formação (GARCIA, 1997).

Em relação ao revestimento de produção, uma completação pode ser:

- Com poço aberto;
- Com *liner* rasgado ou canhoneado;
- Com revestimento canhoneado;



Fonte:(GARCIA 1997)

2.2.1 Poço aberto

Ao se atingir o topo da zona produtora durante a perfuração, o revestimento de produção é descido e cimentado. Em seguida, é perfurado até a profundidade final e coloca-se o poço em produção com a zona totalmente aberta (Figura 1-a) (GARCIA, 1997).

Somente em formações muito bem consolidadas (com pouco risco de desmoronamento) esse método é aplicado. As suas vantagens se caracterizam pela maior área aberta ao fluxo e a redução de custo de revestimentos e canhoneio. O método descrito deve ser utilizado para evitar danos à formação causados pelo cimento em reservatório naturalmente fraturados (GARCIA, 1997).

2.2.2 Liner canhoneado ou rasgado

Acima do topo da zona de interesse, a coluna de revestimento anterior (produção) é assentada e cimentada com a utilização do *Liner*, que continua com a perfuração até a profundidade prevista. Avalia-se a zona e é decidida a completção; uma coluna de tubos é descida - que podem ser lisos ou rasgados (Figura 1b) - denominada *Liner*, que fica assentada ao fundo do poço e suspensa pela extremidade inferior do revestimento de produção (GARCIA, 1997).

Seguindo Garcia (1997), na completção com o *Liner* rasgado e poço aberto, as vantagens e desvantagens possuem certa similaridade. A redução do diâmetro do poço frente à zona produtora é uma das desvantagens e uma das vantagens é a sustentação das paredes do poço diante da mesma.

No caso do *Liner* com tubos lisos, o qual é cimentado e diferente do *Liner* rasgado, as vantagens são semelhantes ao do revestimento canhoneado como menor custo, porém as desvantagens se caracterizam por mudanças de diâmetros dentro do poço que dificulta a passagem de equipamentos (GARCIA, 1997).

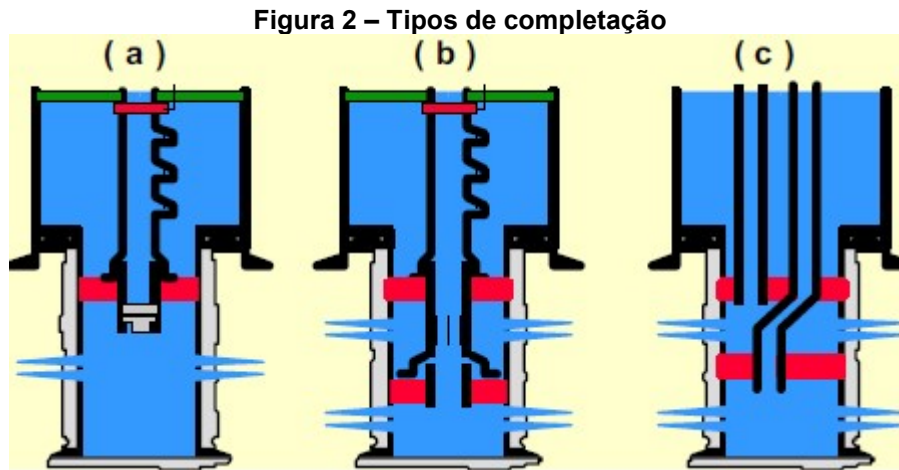
2.2.3 Revestimento canhoneado

O poço é perfurado até a profundidade final, onde é descido o revestimento de produção até o fundo do poço sendo em seguida cimentado. Posteriormente é canhoneado o revestimento em frente aos intervalos de interesse mediante a utilização de cargas explosivas, colocando assim o reservatório em comunicação com o interior do poço (Figura 1c) (GARCIA, 1997).

Garcia (1997) classifica que as principais vantagens estão na seletividade da produção (ou injeção de fluidos) em diversos intervalos de interesse e na maior facilidade das operações de restauração ou estimulação. O diâmetro único do revestimento em todo o poço também evita alguns problemas operacionais. A principal desvantagem é o custo adicional do revestimento e canhoneio, além da possibilidade de dano à formação que a operação de cimentação pode causar.

2.3 De Acordo Com Número de Zonas Explotadas

Sob estas condições, as completações podem ser: simples, dupla ou seletiva.



Fonte:(GARCIA 1997)

2.3.1 Simples

O poço possui uma tubulação metálica, descida por meio do interior do revestimento de produção, da superfície até próximo à formação produtora. Esta tubulação, acompanhada de outros equipamentos, é chamada de coluna de produção (Figura 2a). Este tipo de completação possibilita produzir com maior controle e com uma única e independente zona de interesse (GARCIA, 1997).

2.3.2 Seletiva

É descido apenas uma coluna de produção neste caso, equipada de forma que permite a vazão de várias zonas ou reservatórios seletivamente, ou seja, uma por vez. Isto propicia o perfeito controle dos fluidos produzidos em cada reservatório, com a facilidade de trocar a zona em produção (Figura 2b) (GARCIA, 1997).

Principais vantagens:

- Controle e produção de vários reservatórios ao mesmo tempo;
- Aceleração da evolução do campo;

- Menor quantidade de poços necessários para várias zonas produtoras.

Principais desvantagens:

- Dificuldade na seleção e utilização dos equipamentos, maior possibilidade de problemas;
- As restaurações, embora menos frequentes, são mais complicadas;
- Dificuldade na aplicação dos métodos artificiais de elevação e escoamento.

2.3.3 Dupla

Este tipo torna possível produzir simultaneamente, no mesmo poço, duas zonas ou reservatórios diferentes, de modo controlado e independente, tanto no que diz respeito a volumes produzidos como pressões, razões gás/óleo, etc. Isto é possível instalando-se duas colunas de produção com obturadores (Figura 2c) (GARCIA, 1997).

2.4 Completação Para Poços Com Bombas

A completção também é classificada de acordo com a quantidade de zonas produzidas e o método de produção. Poços equipados com bombas de fundo são completados com anular livre através do qual o gás escoa para a superfície. Na presença de gás, todos os sistemas de bombeamento se tornam ineficientes (ALMEIDA, 2003).

2.5 Etapas de completção

Esta etapa consiste em equipar o poço de componentes que permitem o mesmo entrar em produção. A completção de um poço envolve um conjunto de operações subsequentes à perfuração. Uma completção típica de um poço marítimo, com árvore de natal convencional e equipamentos de gás *lift*, obedece às seguintes fases em sequência cronológica:

- Instalação de Equipamentos de superfície (cabeça de produção, BOP, etc.);
- Condicionamento do revestimento de produção;
- Troca do fluido do poço (lama) por fluido de completção;
- Instalação de contenção de areia;
- Avaliação da qualidade da cimentação;
- Canhoneio da zona de interesse;
- Avaliação da zona produtora;
- Introdução da cauda de produção com coluna de trabalho;
- Instalação da Árvore de Natal
- Indução de surgência.

Com pequenas diferenças, estas fases são as mesmas para a completção de poços terrestres (ALMEIDA, 2003).

2.6 Instalação de Equipamentos de Superfície

São os itens responsáveis pelo controle de fluxo de fluidos a superfície, pela ancoragem da coluna de produção e pela vedação entre a coluna e o revestimento de produção. Basicamente são instalados a cabeça de produção e o BOP (*Blow Out Preventer*), que é um conjunto de válvulas de segurança que impedirá o influxo indesejado de fluido para dentro do poço. É constituído de gavetas cegas, variáveis de tubos e de preventores anulares, que permitem o acesso ao interior do poço com toda a segurança necessária para execução das demais fases (ALMEIDA, 2003).

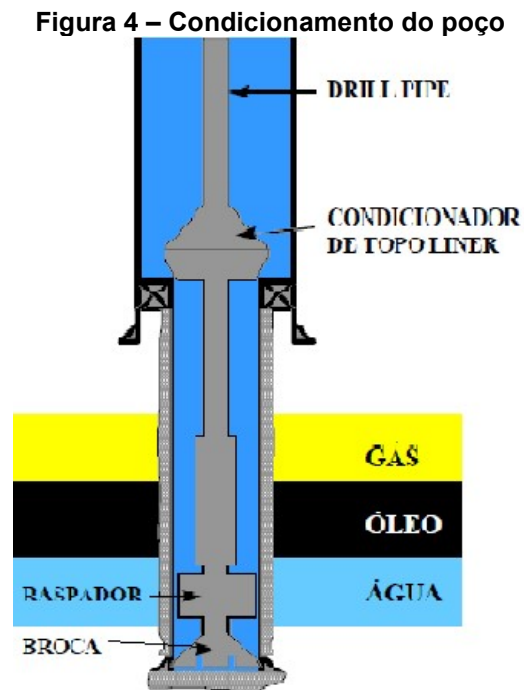
Figura 3 – BOP

Fonte:(Pipeline me Oil & gas magazine / acesso 20/04/2017)

2.7 Condicionamento do poço

Posterior a instalação dos equipamentos de segurança, procede-se a fase de condicionamento do revestimento de produção e a substituição do fluido de perfuração por um fluido de completação (GARCIA, 1997).

Para o condicionamento, é descido um conjunto de broca e raspador por meio da coluna de trabalho, de modo a deixar o interior do revestimento de produção gabaritado e em condição de receber os equipamentos necessários. A broca é utilizada para cortar os tampões de cimento e tampões mecânicos, bem como restos da cimentação primária. O raspador é uma ferramenta com lâminas retráteis, que desce raspando a parte interna do revestimento de produção, retirando o que foi deixado pela broca (Figura 4) (GARCIA, 1997)



Fonte:(GARCIA, 1997)

Após o corte dos tampões de cimento e dos tampões mecânicos, é efetuado o teste de estanqueidade do revestimento de produção, pressurizando-o, para verificar a existência ou não de vazamentos. Caso não se consiga pressão de teste estabilizada, procede-se a localização e correção do vazamento (GARCIA, 1997).

O fluido de completação, geralmente é uma solução salina, isenta de sólidos, compatível com a formação e com os fluidos nela contidos, de forma a não causar nenhum tipo de dano de formação, que restrinja a vazão do poço (GARCIA, 1997).

De acordo com Garcia (1997), o fluido deve ter o peso específico capaz de fornecer pressão hidrostática no interior do poço um pouco superior à pressão estática da formação. A substituição do fluido é feita com o auxílio de bombas de deslocamento positivo, circulando o fluido diretamente pelo interior da coluna de trabalho com retorno na superfície pelo anular.

2.8 Sistemas de Contenção de Areia

A filtragem de sólidos por contenção mecânica tem sido o método mais frequente utilizado pela indústria do petróleo para controlar a produção de areia em campos *off Shore*. Ela é considerada uma das técnicas mais seguras e eficientes, pois permite a produção do poço em vazões econômicas sem os inconvenientes associados à produção de areia (PASQUALINO, 2005).

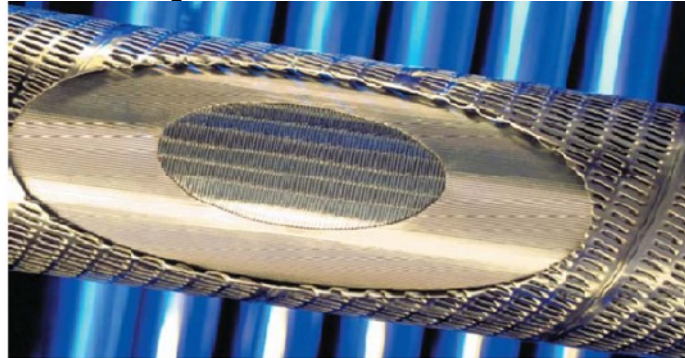
O uso de telas de contenção de areia posicionada internamente no poço ao longo dos intervalos produtores é a técnica mais usada para o problema da produção de areia. São filtros mecânicos que servem como mecanismo de retenção à areia do *gravel pack* ou da formação, que permitem a vazão do fluido oriundo da limpeza do poço, da produção ou da atividade de estimulação (PASQUALINO, 2005).

A escolha da tela tem como o objetivo o equilíbrio entre dois critérios extremamente conflitantes: a mínima retenção ao fluxo e o máximo controle de areia (PASQUALINO, 2005).

2.8.1 Tubo Telado Premium

As telas Premium são concebidas com a pré-finalidade de conter o fluxo de partículas sólidas e podem ser usadas *stand-alone* em caso de areias com seleção moderada, além de serem usadas em conjunto com o *gravel-pack*. Quanto a estrutura, os Tubos Telados Premium (Figura 5) possuem várias camadas de tela (camadas filtrantes) de distribuição granulométrica devidamente dimensionada sobreposta a um tubo base (PASQUALINO, 2005).

Figura 5 – Tubo telado Premium



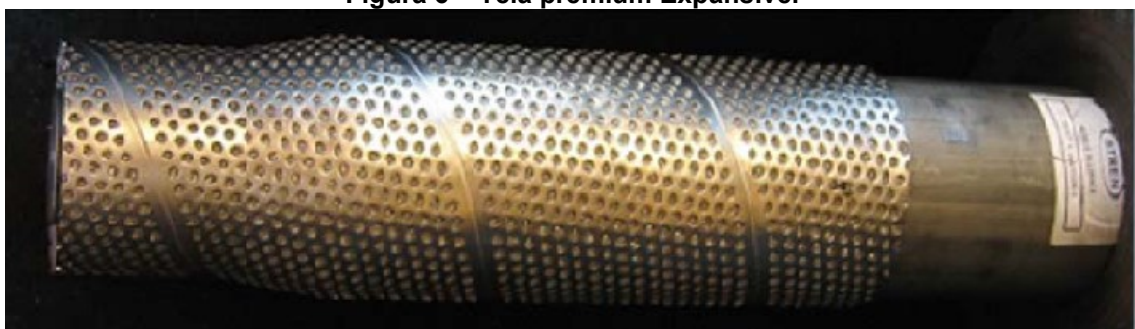
Fonte: (MASSA, 2012)

2.8.2 Tubos Telados Expansíveis

São considerados um tipo de Tubos Telados Premium e são reconhecidos diretamente pelo aumento de diâmetro que sofrem no momento de instalação. Fator importante a ser ressaltado nesse tipo de Tubo Telado (Figura 6) é a vantagem adicional de diâmetro interno, podendo ser utilizados em poços com diâmetros relativamente reduzidos (GARCIA, 1997).

Após sua descida, um cone de expansão passa pelo seu interior fazendo com que este assuma o formato da formação, mantendo uma estrutura que tende a impedir a movimentação de partículas mais finas (GARCIA, 1997).

Figura 6 – Tela premium Expansível



Fonte: (MASSA, 2012)

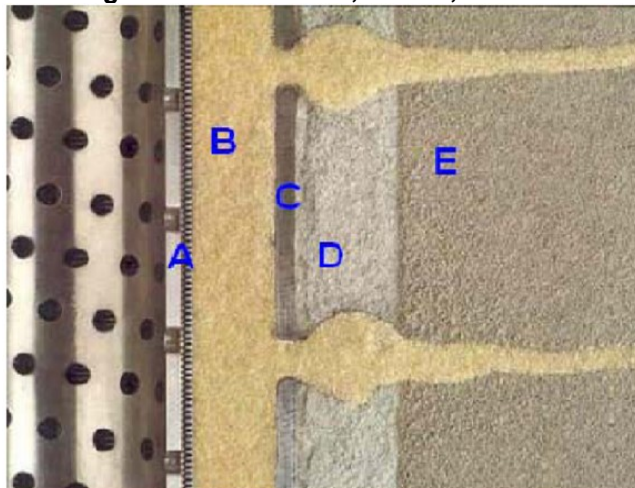
2.8.3 Gravel – Pack

Pasqualino (2005) explica que *Gravel-Pack* consiste no preenchimento dos canhoneados e anular tubo telado-revestimento (poço revestido) ou anular Tubo

Telado – formação (poço aberto) com *Gravel* (areia ou cerâmica) de granulometria bem selecionada formando um pacote compacto. A Figura 7 mostra o esquema de um *Gravel* – Pack em poço revestido, onde:

A – TUBO TELADO; B – GRAVEL; C – REVESTIMENTO; D – CIMENTO; E - FORMAÇÃO

Figura 7: Tubo telado; *Gravel*; Revestimento



Fonte: (SILVA, 2008)

Pasqualino (2005) afirma que, para um desempenho de sucesso em uma operação de *Gravel* – Pack, deve haver:

- Dimensionamento do *Gravel* para impedir completamente a movimentação de sólidos da formação;
- Maximização da produção com minimização do dano à formação.

2.9 Avaliação da Qualidade da Cimentação

A avaliação de cimentação ocorre posteriormente à instalação dos itens de segurança e após o condicionamento do revestimento de produção/*liner*. Nas cimentações primárias, a pasta posicionada no espaço anular entre a parede do poço e o revestimento descido em cada fase de perfuração tem vários objetivos, além de suportar o peso dos tubos. Por exemplo, no revestimento condutor, o objetivo é impedir uma possível corrosão de aços e a circulação de fluidos de perfuração (PASQUALINO, 2005).

No revestimento de superfície, o cimento visa suportar equipamentos e colunas a serem descidos posteriormente e proteger horizontes superficiais de água. Já no revestimento intermediário, o objetivo é isolar/proteger formações instáveis geologicamente, portadoras de fluidos corrosivos, com pressão anormal e/ou com perda de circulação (GARCIA, 1997).

No revestimento de produção, o intuito principal do cimento é promover a vedação hidráulica eficiente e permanente entre os diversos intervalos produtores (Figura 8) (GARCIA, 1997).

Figura 8: Má cimentação



Fonte:(GARCIA 1997)

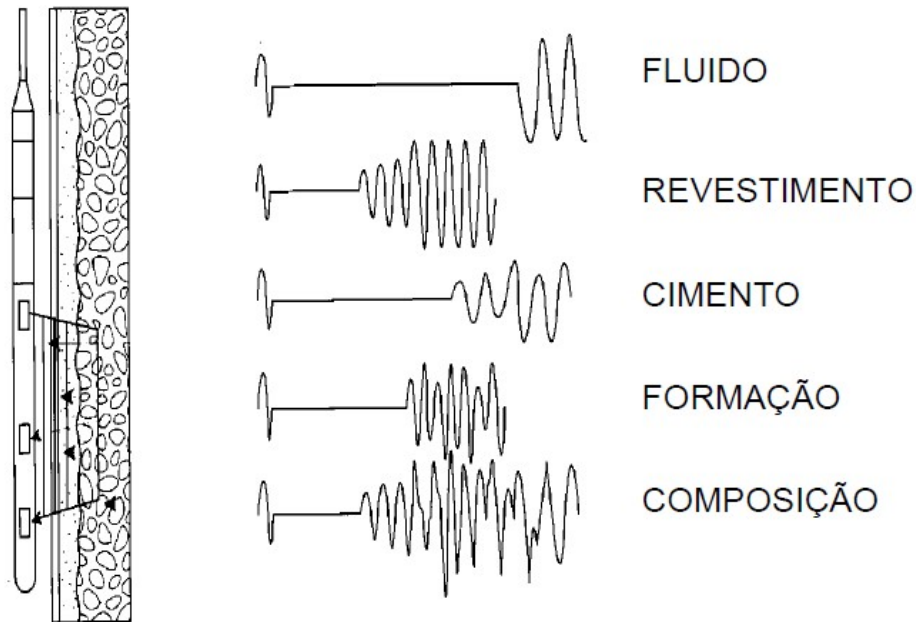
2.9.1 Perfis Sônicos (CBL / VDL)

O Perfil de Densidade Variável (*Variable Density Log*) é um registro contínuo de trem de ondas, na forma de traços de luminosidade variável que chega ao receptor distante de 5 pés do transmissor. O perfil avalia a qualidade da cimentação ao investigar a aderência do cimento ao revestimento, mas principalmente, do cimento à formação (GARCIA, 1997).

A ferramenta utilizada na obtenção do perfil sônico (CBL/VDL) é composta basicamente por um transmissor, dois receptores acústicos com transdutores, um cabo condutor e um aparelho de medição (unidade de processamento). O perfil

CBL/VDL é o registro de três medidas simultâneas, que são o tempo de trânsito, o sinal de amplitude do revestimento e o trem de ondas(Figura 9) (GARCIA, 1997).

Figura 9: Ferramenta acústica para perfilagem CBL/VDL



Fonte:(GARCIA, J. E. L. A Completação de Poços no mar)

2.9.2 Perfil Ultrassônico (CEL)

A CET (*Cement Evaluation Log*) é a ferramenta utilizada na obtenção do perfil ultrassônico. Oito sensores são posicionados de forma helicoidal, para que cada um avalie 45° da circunferência. Este perfil apresenta boa resolução vertical e circular, porém não é tão eficiente quanto o CBL/VDL para investigar a aderência cimento-formação. Na verdade, ele completa a avaliação da qualidade da cimentação com o perfil CBL/VDL (GARCIA, 1997).

2.10 Canhoneio

O canhoneiro é de suma importância na completação de poços de hidrocarbonetos pois possibilita a comunicação do reservatório com o poço por meio

de cargas explosivas. Os canhoneios podem ser divididos de acordo com a pressão do sistema: Extreme *overbalance*, *overbalance* e *underbalance* (VIANA, 2013).

Um canhoneio eficaz depende da sua geometria (distância entre o canhão e o revestimento, centralização, defasagem de tiros, densidade e diâmetro dos orifícios), da limpeza dos canhoneados e do efeito película (VIANA, 2013).

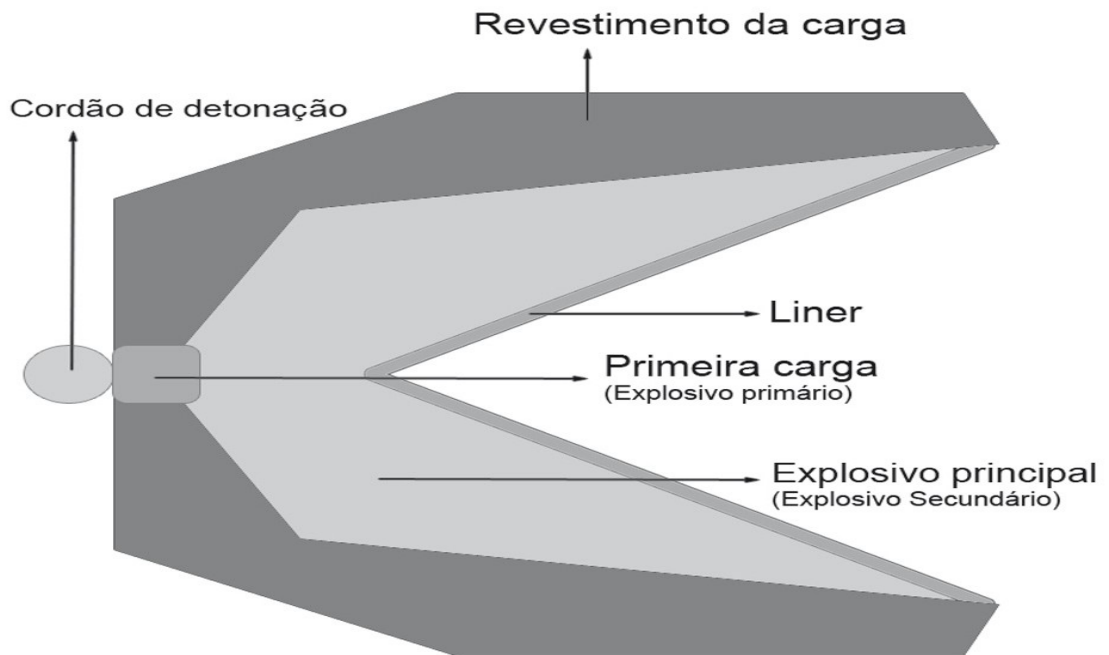
Há diversos tipos de explosivos, eles variam a força e a estabilidade de temperatura. O mais comum em poços petrolíferos é o *Shaped Charge* (carga moldada) considerado como um explosivo secundário com alta explosão (VIANA, 2013).

Normalmente é difícil iniciar a detonação desses tipos de explosivos numa velocidade supersônica. Portanto, necessita-se de um explosivo primário mais sensível ao aquecimento, fricção, impacto ou descarga elétrica. Por esse motivo, sempre que possível são evitados (VIANA, 2013).

2.10.1 Cargas Explosivas

As cargas utilizadas no canhoneio são feitas de produtos químicos explosivos instalados em um invólucro de aço e cobertos por um *liner* (Figura 10).

Figura 10 – Carga moldada (*shaped charge*)

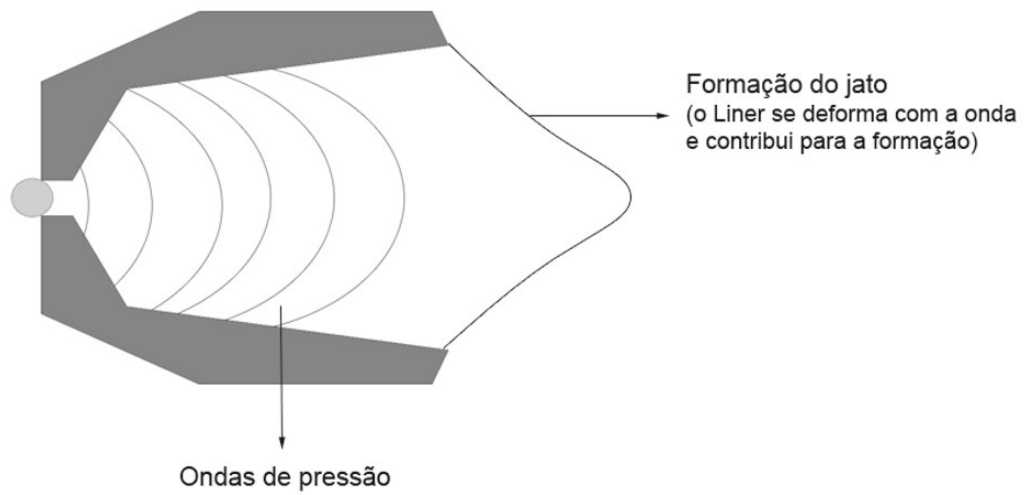


Fonte: (GUILHERME 2013)

As cargas moldadas são posicionadas em um suporte metálico, ligadas a um detonador e inseridas em um invólucro externo conhecido como “canhão”, um vaso de contenção dimensionado para suportar as cargas de detonação (VIANA, 2013).

A direção da detonação é ditada pela posição da carga no suporte metálico (Figura 10). As duas principais medidas que determinam a eficácia do canhoneio são a profundidade de penetração na formação e o diâmetro do túnel (GARCIA, 1997).

Figura 11 - Desenvolvimento do jato em uma carga moldada



Fonte: (GUILHERME2013)

2.10.2 Tipos de canhoneio

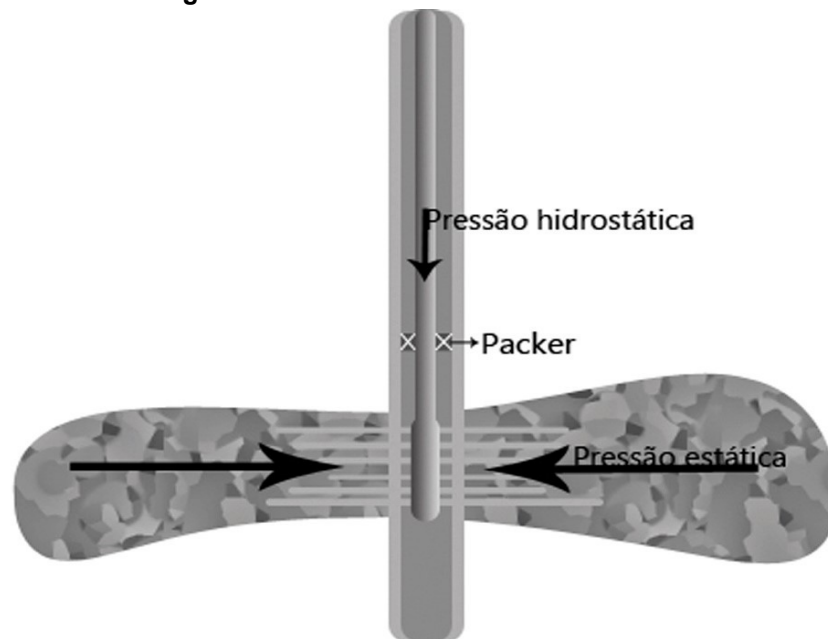
Viana (2013) define que os canhoneios podem ser divididos em três tipos de acordo com a pressão do sistema:

- *Underbalance*
- *Overbalance*
- *Extreme Overbalance.*

2.10.2.1 Underbalance

O método de *underbalance* (Figura 12), atua com a pressão da formação maior que a pressão do poço, buscando a solução de danos. Com o diferencial de pressão favorável à formação, logo após o canhoneio, o reservatório entra em produção. Assim, o poço deverá estar totalmente completado e equipado (GARCIA, 1997).

Figura 12 - Canhoneio *underbalance*

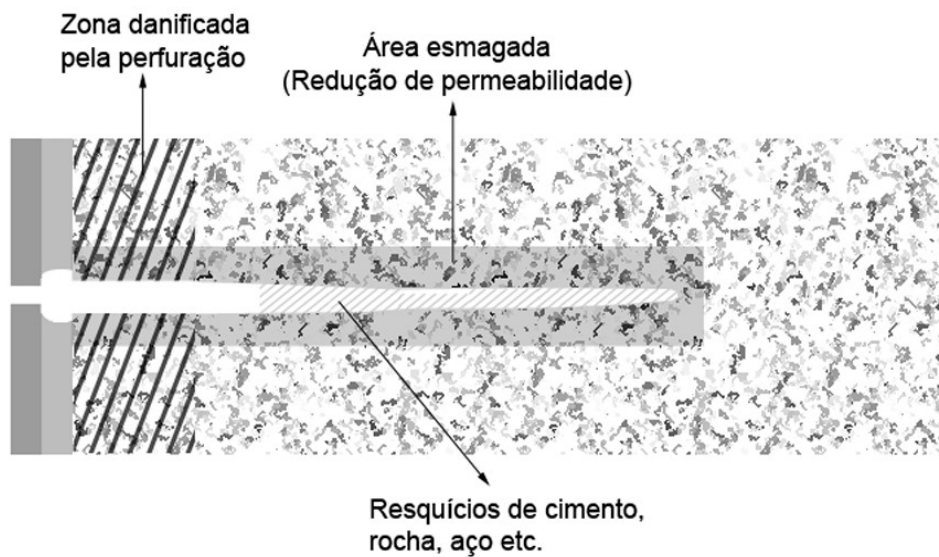


Fonte: (GUILHERME, D.F.E Valores dos parâmetros de petróleo pistolas de perfuração (canhoneios))

2.10.2.2 Overbalance

Atua com uma pressão estática de formação menor que a pressão hidrostática (fluido de completação). Após o canhoneio, ocorre uma penetração (Figura 12) do fluido de completação, que contamina as imediações do reservatório. Detritos da explosão (resíduos do cimento, revestimento e explosivos) também são transportados junto com o fluido de completação. Este fenômeno causa a queda na produtividade e é denominado tamponamento (GARCIA, 1997).

Figura 13 – Danos por *overbalance*.

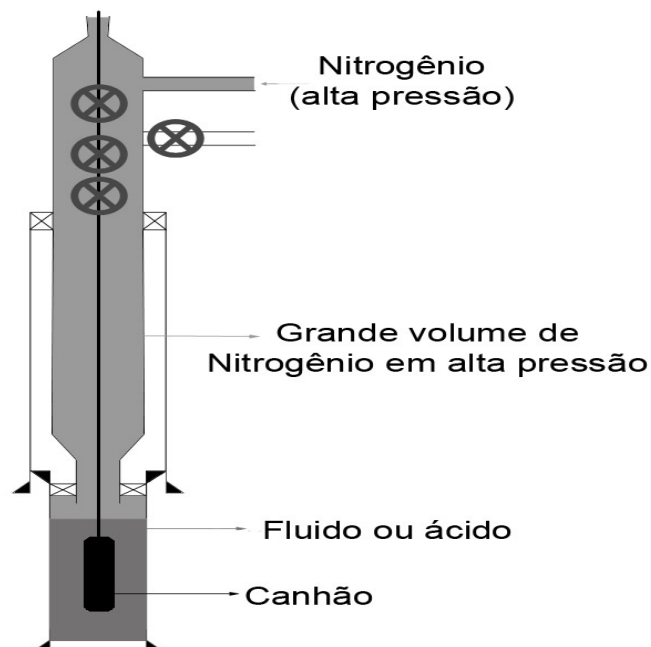


Fonte: (GUILHERME, 2013)

2.10.2.3 Extreme Overbalance

É uma variação do *Overbalance* que se baseia em uma altíssima pressão no sentido do poço para a formação. Os principais objetivos desse método é criar fraturas controladas de pequena penetração e alta condutividade que ultrapassam a região danificada pelo fluido, além de ampliar a área de drenagem do poço e limpar os túneis dos canhoneados de detritos resultantes da detonação (Figura 14). No poço, os fluidos utilizados são o de completação ou ácido e N₂(gás) (GARCIA, 1997).

Figura 14 - Canhoneio em extreme *overbalance*.



Fonte: (GUILHERME, 2013)

2.11 Instalação da Coluna de Produção

Conforme a definição de ALMEIDA (2003), a coluna de produção é formada por tubulações metálicas removíveis, onde são conectados outros componentes que têm funções específicas de:

- Conduzir o fluido obtido por meio do reservatório;
- Possibilitar a instalação de equipamentos para elevação;
- Proteger o revestimento de corrosão de pressões elevadas;

Almeida (2003) cita várias características para decidir sobre um Setup de coluna de produção. Entre eles estão:

- Situação (*onshore* ou *offshore*);
- Sistema de escoamento dos fluídos (surgente ou artificial);
- Características do fluído a ser extraído;
- Filtragem de areia;
- Vazão;
- Quantidade de zonas de produção.

Uma coluna de produção pode possuir uma cauda permanente que possibilita, em uma futura intervenção, manter isolados os intervalos canhoneados e retirar apenas a parte superior. A cauda permanente é composta por ferramentas instaladas abaixo do TSR (*Tubing Seal Receptacle*), ou junta telescópica (ALMEIDA, 2003).

2.12 Colocação do Poço em Produção

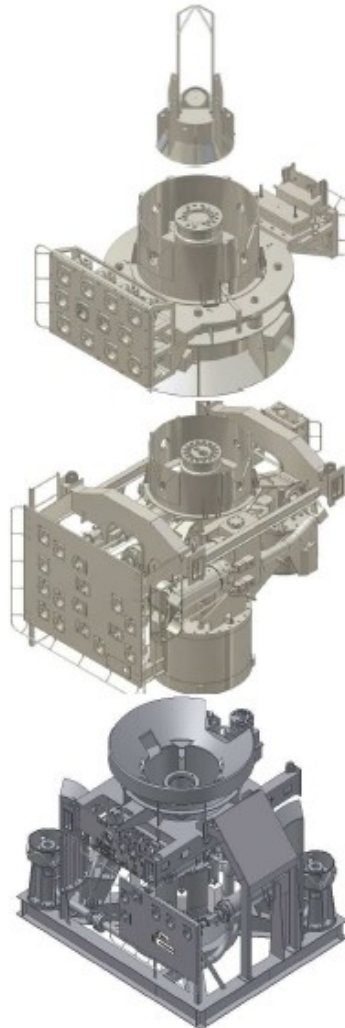
O escoamento dos produtos na superfície pode ser estimulado por válvulas de *gas-lift* por meio do flexi-tubo, pela substituição do fluido da coluna por outro mais leve ou por pistoneio, que são formas de diminuir a pressão hidrostática do fluido contidas na coluna de produção. Quando o poço não possui condições de produção por surgência, dá-se a partida no equipamento de elevação artificial e efetuam-se testes para verificar a eficiência dos equipamentos. Um teste inicial de produção é sempre realizado para medir a vazão de produção e avaliar o desempenho do poço, para que seja possível realizar os ajustes necessários. Após isso, feita a retirada do BOP e instalada a árvore de natal molhada (ANM) (ALMEIDA, 2003).

2.13 Árvore de Natal Molhada (ANM)

Garcia (1997) conceitua a árvore de natal molhada (ANM) como um equipamento composto basicamente por um conjunto de linhas de fluxo, um sistema de controle conectado a um painel localizado na plataforma de produção e um conjunto de válvulas tipo gaveta (Figura 15). As ANMs podem ser classificadas:

- *Diver operated* (DO) - operadas por mergulhador;
- *Diver assisted* (DA) - assistida por mergulhador;
- *Diverless* (DL) - operada sem mergulhador;
- *Diverless lay-away* (DLL) - operada sem mergulhador;
- *Diverless guidelineless* (GLL) - operada sem mergulhador e sem cabos-guia.

Figura 15: ANM (Árvore de Natal Molhada)



Fonte: (SANTOS, 2005)

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação dos Métodos de Pesquisa

A produção desse trabalho tem início pela captação de informações referentes ao assunto estudado oriundas de bibliografias, materiais de cursos e concursos e em seguida a definição da abordagem desejada para entendimento do processo (CRESWELL, 1994).

3.1.1 De acordo com a abordagem

Para Bryman (1989), todas as coisas que podem ser quantificáveis são classificadas como quantitativas, possibilitando a tradução em números para a classificação e análise de informações. A pesquisa qualitativa define a existência de uma relação entre o indivíduo e a realidade, ou seja, um elo entre o mundo objetivo e a intangibilidade do indivíduo, não necessitando a tradução dos números nem de recursos e técnicas estatísticas.

As análises quantitativas são mais comuns, com preceitos e metodologias claras e de baixo risco, da mesma forma como os instrumentos e, com menor tempo gasto, porém, tendo a necessidade de acolher os riscos pertencentes aos procedimentos que admitem dúvidas (BRYMAN 1989).

3.1.2 De acordo com o objetivo

De acordo com os objetivos, as pesquisas podem ser classificadas em Pesquisa Exploratória, Pesquisa Descritiva e Pesquisa Explicativa (GIL, 1991).

A Pesquisa Exploratória traz maior intimidade junto ao problema com objetivo de torná-lo compreensível e possibilitar um conceito mais concreto para a elaboração das hipóteses, envolvendo bibliografia, (GIL, 1991)

A Pesquisa Descritiva trata as características de fatos e definição dos vínculos entre variáveis, com a utilização de práticas normalizadas de coleta de dados (GIL, 1991).

A Pesquisa Explicativa identifica os princípios que definem ou colaboram na ocorrência dos fenômenos e explicando a razão das coisas.

3.1.3 De acordo com os procedimentos técnicos

Segundo Gil (1991), as pesquisas são classificadas em:

- Pesquisa Bibliográfica: quando desenvolvida por referências teóricas já publicadas, composta essencialmente de livros, artigos de periódicos e nos dias atuais por teorias publicadas na Internet;
- Pesquisa Documental: elaborada a partir de materiais sem procedimento de análise crítica;
- Pesquisa Experimental: por meio da determinação de um elemento de estudo, distinguindo-se os fatores que são qualificados para sua influência, conceituam-se os modelos de controle e de observação das influências dos fatores sobre o objeto;
- Levantamento: por meio da interrogação direta dos indivíduos cujas atitudes se pretendem conhecer; estudo de caso, quando se aprofunda laboriosamente no estudo de um único ou alguns elementos, permitindo uma abrangência significativa e detalhada no conhecimento destes elementos;
- Pesquisa *expost-facto*: tendo a execução dos experimentos após os fatos; pesquisa ação, quando desenvolvida e executada em estreita combinação com uma ação ou com a solução de uma dificuldade global, e possui o envolvimento cooperativo ou participativo dos pesquisadores e integrantes representativos da circunstância ou do problema e a pesquisa participante, desenvolvida a partir da influência recíproca entre pesquisadores e elementos integrantes das ocorrências investigadas.
- *Survey*: A pesquisa do tipo *Survey*, expressão em inglês que é proposta para pesquisas em larga escala sobre um estabelecido problema, é caracterizada por uma abordagem quantitativa objetivando retirar opiniões das pessoas e obter as devidas conclusões por meio de questionários ou entrevistas e se refere a um modelo característico de pesquisa social empírica

3.2 Procedimento

A metodologia empregada neste trabalho foi baseada numa pesquisa descritiva e do tipo *Survey* sem questionário retirado de pesquisas bibliográficas sobre material de cursos e concursos, publicações de estudiosos e operadores da área para proporcionar maior assimilação com o tema e entendimento dos processos a serem explorados.

O obstáculo mais evidente desse estudo descritivo seria a pouca variedade de informações e autores especialistas sobre o tema devido a sua importância econômica e algumas até confidenciais por se tratar de informações sobre processos atuais.

Descreveu-se um pouco sobre o que é o processo de completação e qual o objetivo dessa importante etapa para uma extração segura e efetiva do fluido desejado.

Nesta primeira parte, mencionou-se os equipamentos para identificar as funções de cada um visando sua importância no resultado do processo de extração.

Com cada equipamento descrito, pode-se ter a ideia de como eles trabalham ao propiciar a superação de alguns obstáculos naturais inerentes ao processo de prospecção de petróleo e gás.

Esses equipamentos foram desenvolvidos com o objetivo de aperfeiçoar e garantir a obtenção da conclusão segura do projeto

Com o conjunto de características consolidadas, partiu-se para a descrição do passo a passo da exploração, descrevendo as necessidades do processo baseadas em uma situação hipotética comum.

Após a explicação do processo em si, obteve-se um resultado qualitativo e uma conclusão que ressalta a suma importância da engenharia presente nos equipamentos, planejamento e processo na área abordada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao abordar os passos para uma completção de poços de hidrocarbonetos (petróleo), tem-se que entender as características da Engenharia da área petroleira.

Engenharia de petróleo progride de mãos dadas com diversas áreas, como por exemplo a Engenharia Mecânica, Geologia, Administração, logística, etc. O ramo petrolífero da engenharia se subdivide em algumas áreas principais: Engenharia de reservatório, engenharia de poços e engenharia de elevação e escoamento. A completção de poços se delimita entre a engenharia de poços e elevação e escoamento.

A partir dessas premissas é visto abaixo o passo a passo das etapas de um processo de completção de poços.

O início da abrangência das atividades de completção se dá quando a perfuração do poço é concluída. A partir disso, como prosseguir para poder extrair o máximo de componentes possíveis sem danos ambientais ou ao projeto em si?

Antes mesmo da perfuração, obtém-se as informações do modelo geológico do reservatório obtido pelo processo de Sísmica - um processo composto de emissão e recebimento de ondas sonoras que refletem na formação do reservatório e que são processadas por meio de um computador, semelhante ao processo de ultrassom. Essas informações serão utilizadas logo após a perfuração para ver qual tipo de completção será empregado (poço aberto, *liner* rasgado ou canhoneado), dependendo da estrutura do reservatório.

É instalado na cabeça do poço os equipamentos para vedação, sensores, comando de válvulas e todos os acessórios de segurança necessários para uma extração segura e controlada.

Após a instalação dos equipamentos de segurança, é introduzido no poço sensores semelhantes aos sensores sísmicos do processo de sísmica para avaliação da formação.

Se as paredes do poço ou o próprio reservatório em si for muito arenoso, há a necessidade de uma estrutura de extração do hidrocarboneto desejado e também de uma sustentação do poço. Normalmente usa a cimentação ou revestimento metálico, vai depender das condições de comunicação do poço com o reservatório.

Quanto ao processo de cimentação, é necessária a descida de uma coluna auxiliar de revestimento com o diâmetro menor que o diâmetro do poço para auxiliar na sustentação do poço e proporcionar a área de cimentação.

O intervalo entre os diâmetros do poço e o revestimento metálico servirá de alocação para o fluido de cimentação composto por diversos componentes especiais. Eles permitem o controle e as características do processo de conclusão da cimentação

No fluido pode ser adicionado componentes que retardam ou aceleram a cimentação, depende da necessidade e característica do poço assim como as esferas metálicas refletoras, que serão detectadas por câmeras instaladas na cabeça do poço junto com refletores de luz assim que o cimento completar o poço e chegar até a superfície.

Com a cimentação do poço concluída, novamente utiliza-se os sensores para avaliar a cimentação e verificar as irregularidades e as características para garantir a sua estrutura.

O processo de completação não é feito no poço inteiro de uma só vez. Ele é feito por partes, normalmente de 300 a 500 metros por vez até atingir o comprimento desejado. Lembrando que em toda a extensão do poço os diâmetros variam - quanto mais profundo, menor é o diâmetro.

Prosseguindo com o processo, precisa-se efetuar a comunicação do reservatório com o poço para a obtenção dos fluidos.

Com isso, inicia-se o processo de canhoneiro para pequenas rupturas controladas na parede do poço cimentado que possibilitam o escoamento do fluido do reservatório para dentro da formação do poço e elevação do mesmo até a estação de prospecção.

No processo de escoamento do fluido para o poço, é analisada a necessidade de filtros para que esse fluido não traga com ele componentes indesejáveis, como areia e dejetos rochosos que possam vir a danificar os equipamentos.

Para iniciar o escoamento, normalmente usa-se a injeção de fluidos (água ou gás) no reservatório de modo que a pressão no mesmo seja maior que no poço, o que possibilita a extração.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que dada a variedade de condições de produção ao redor do mundo, a definição dos limites é naturalmente algo incerto. Assim como o método de produção varia, o design da completação vai variar significativamente ao levar em conta a taxa de produção, pressão e profundidade do poço, propriedades da rocha, propriedades do fluido e a localização do poço.

É importante que o engenheiro leve em consideração o impacto do retorno da produção, custo de capital e custo de operação dos projetos. Considerações a respeito dos aspectos geológicos, econômicos e de reservatório ditarão os requisitos funcionais para o projeto de uma completação. Estes requisitos devem ser antecipados no estágio anterior ao da perfuração. O modelo de completação do poço é também influenciado pelos requisitos de serviço de poço, como monitoramento de rotina, serviço de cabeça de poço e linha de fluxo.

Deve-se frisar que a regra básica de um projeto de completação é utilizar sempre a alternativa mais simples que atenda aos requisitos técnicos e econômicos para a completação de um poço.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, J. A. 2003. **Introdução a indústria do petróleo** – Unidade II Produção de petróleo. Disponível em <http://termo.furg.br/JAA/IIP/04207IIP.htm> acesso 20/03/2017 18:20
- BRYMAN, A. **Research Method and Organization Studies**. London, New Fetter Lane, 1989.
- CRESWELL, J. W. **Research Design: qualitative & quantitative approaches**. Resumofeitopor Elisabeth Adriana Dudziack. London: Sage, 1994.
- GARCIA, J. E. L. **A Completação de Poços no mar**. CEN-NOR Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos Norte-Nordeste. Apostila PETROBRAS, 1997
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GUILHERME, D.F.E **Valores dos parâmetros de petróleo pistolas de perfuração (canhoneios)** Angola 2013
- MASSA, B. T **ANALISE DE COLAPSO DE TUBOS DE CONTENÇÃO DE AREIA** UFRJ 2012
- PASQUIALINO, I. P. **Contenção de areia**. Curso de Engenharia de Petróleo EPT/UFRJ, 2005
- **PIPELINE OIL & GAS MAGAZINE**. Disponível em pipelineme.com/features/features/2013/05/blow-out-standards-on-the-rise acesso 20/04/2017 17:40
- SANTOS, R. S Msc. **EEW-412 COMPLETAÇÃO DE POÇOS. Projeto de completção de poços**. UFRJ, 2005
- SILVA, F.S.B **ANÁLISE PARAMÉTRICA DE APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA DE CONTROLE DA PRODUÇÃO DE AREIA EM POÇOS DE PETRÓLEO** UFRJ 2008
- VIANA, D. F. E. G. **ENGENHARIA DE PETRÓLEOS OPÇÃO PESQUISA** 2013